

(12) NACH DEM VEREINBAR ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
1. April 2004 (01.04.2004)

PCT

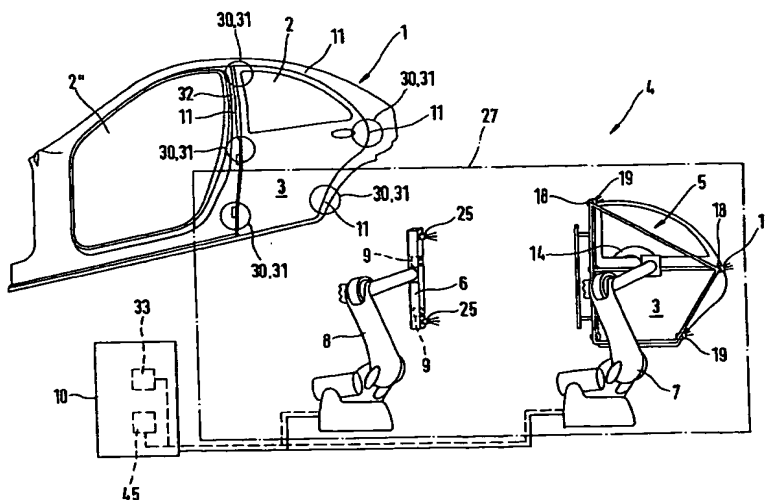
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/026672 A2

- | | |
|---|---|
| <p>(51) Internationale Patentklassifikation⁷: B62D 65/00</p> <p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/009921</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum:
6. September 2003 (06.09.2003)</p> <p>(25) Einreichungssprache: Deutsch</p> <p>(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch</p> <p>(30) Angaben zur Priorität:
102 42 710.0 13. September 2002 (13.09.2002) DE</p> | <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): DAIMLERCHRYSLER AG [DE/DE]; Epplestrasse 225, 70567 Stuttgart (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und</p> <p>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BROSE, Volker [DE/DE]; Nordbahnhofstrasse 191, 70191 Stuttgart (DE). KRAUS, Helmut [DE/DE]; Zeisigweg 2, 71157 Hildrizhausen (DE). PHILIPP, Enrico [DE/DE]; Böblinger Strasse 176, 70199 Stuttgart (DE). RIESTEN-PATT GENANNT RICHTER, Michael [DE/DE]; Brühlstrasse 13/1, 71149 Bondorf (DE). SCHULER, Bernd [DE/DE]; Im dellen 10, 72221 Haiterbach (DE).</p> |
|---|---|

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR THE POSITIONALLY PRECISE MOUNTING OF A HINGED FLAP ON A PART

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR LAGEGENAUEN MONTAGE EINER KLASPE AN EINEM BAUTEIL



(57) Abstract: The invention relates to a method for the positionally precise mounting of a hinged flap (3) on a production part (1), particularly for mounting a vehicle door on a vehicle body. To this end a robot-guided gripping tool (5) is used that comprises a fixing device (14) for holding the hinged flap (3) and comprises a sensor system (18), which is connected in a fixed manner to the gripping tool (5). Within the scope of a positioning phase (A-2), the gripping tool (5) is, in a first step, moved from a proximity position (37), which is independent of the position of the production part (1) in the working area (27) of the robot (7), and into a mounting-up position (29), in which the flap (3) held in the fixing device (14) of the gripping tool (5) is aligned in a positionally precise manner with regard to the production part (1). In order to approach the

mounting position (29), an iterative control process is run through over the course of which an (actual) measured value of the sensor system (18) is firstly generated that is compared to a (set) measured value generated within the scope of a setting-up phase. A displacement vector of the gripping tool (5) is calculated based on the difference between the (actual) measured value and (set) measured value while using a Jacobian matrix that is calculated within the scope of the setting-up phase, and the gripping tool (5) is displaced by this displacement vector. The flap is subsequently attached to the production part (1) with the aid of fastening elements (9). A metric calibration of the sensor system (18) of the gripping tool (5) can be forgone in order to perform this positioning task.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur lagegenauen Montage einer Klappe (3) an einem Werkstück (1), insbesondere zur Montage einer Fahrzeughür in einer Fahrzeugkarosserie. Hierzu wird ein robotergeführtes Greifwerkzeug (5) verwendet, das eine Fixiervorrichtung

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2004/026672 A2



(74) **Anwälte:** NÄRGER, Ulrike usw.; DaimlerChrysler AG, Intellectual Property Management, IPM-C106, 70546 Stuttgart (DE).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

(81) **Bestimmungsstaaten** (*national*): JP, US.

(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(14) zur Halterung der Klappe (3) und ein Sensorsystem (18) aufweist, welches fest dem Greifwerkzeug (5) verbunden ist. In einem ersten Schritt wird das Greifwerkzeug (5) im Rahmen einer Positionierphase (A-2) von einer Näherungsposition (37), welche unabhängig von der Lage des Werkstücks (1) im Arbeitsraum (27) des Roboters (7) ist, in eine Montageposition (29) bewegt, in welcher die in der Fixiervorrichtung (14) des Greifwerkzeugs (5) gehaltene Klappe (3) lagegenau gegenüber dem Werkstück (1) ausgerichtet ist. Zum Anfahren der Montageposition (29) wird ein iterativer Regelvorgang durchlaufen, im Zuge dessen zunächst ein (Ist-)Messwert des Sensorsystems (18) erzeugt wird, welcher mit einem im Rahmen einer Einrichtphase erzeugten (Soll-) Messwert verglichen wird. Aus der Differenz zwischen (Ist-) Messwert und (Soll-) Messwert wird unter Verwendung einer im Rahmen der Einrichtphase berechneten Jacobi-Matrix ein Verschiebungsvektor des Greifwerkzeugs (5) berechnet, und das Greifwerkzeug (5) wird um diesen Verschiebungsvektor verschoben. Anschliessend wird die Klappe (3) mit Hilfe von Befestigungselementen (9) an dem Werkstück (1) befestigt. Zur Lösung dieser Positionieraufgabe kann auf eine metrische Kalibrierung des Sensorsystems (18) des Greifwerkzeugs (5) verzichtet werden.

Verfahren und Vorrichtung
zur lagegenauen Montage einer Klappe an einem Bauteil

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Montage einer Klappe an einem Werkstück, wobei die Klappe lagegenau gegenüber einem Referenzbereich auf dem Werkstück positioniert wird, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, wie es beispielsweise aus der EP 470 939 A1 als bekannt hervorgeht. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

An Fahrzeugkarosserien werden im Zuge der Montage an unterschiedlichen Stellen im Außen- und im Innenbereich Klappen angebracht. Der Begriff „Klappe“ soll dabei ganz allgemein ein schwenkbares Anbauteil bezeichnen, welches mit Hilfe eines Scharniers, eines Drehgelenks o.ä. an einem anderen Bauteil - im vorliegenden Fall der Karosserie - befestigt ist. Beispiele für solche Klappen im Fahrzeugbau sind Fahrer- und Fondtüren, Motorhauben, Kofferraumdeckel, Tankdeckel etc. Im Interesse einer qualitativ hochwertigen Anmutung der Karosserie ist es notwendig, diese Klappen hochgenau gegenüber benachbarten Bereichen auf der Karosserie bzw. gegenüber anderen (benachbarten) An- und Einbauteilen auszurichten und so zu positionieren, dass ein vorgegebener Übergang zwischen der Klappe und den angrenzenden Karosseriebereichen gewährleistet ist. Hierzu muss die Klappe lagegenau gegenüber der Karosserie ausgerichtet und in diesem Zustand mit Hilfe der Verbindungselemente (Scharnieren, Gelenken, Schrauben, ...) an der Karosserie befestigt werden.

So müssen beispielsweise die Fahrer- und die Fondtür in einer solchen Weise in den Türausschnitt der Karosserie eingepasst werden, dass umlaufend möglichst gleichmäßige Spaltmaße, Ü-

bergänge und Tiefenmaße zu den benachbarten Bereichen der Karosserie, insbesondere gegenüber der A- bzw. der C-Säule, der B-Säule und dem Dachbereich erreicht werden. Jede dieser beiden Türen wird mit Hilfe von zwei Scharnieren an der Karosserie befestigt. Um also eine hochgenaue Ausrichtung der Fahrer- und der Fondtüre gegenüber den benachbarten Karosseriebereichen sicherzustellen, müssen die Türen zunächst in Optimallage in den betreffenden Türausschnitt eingepasst werden und dann in dieser Lage an den Scharnieren angebunden werden.

In der EP 470 939 A1 wird ein Montageverfahren vorgeschlagen, mit Hilfe dessen eine lagegenaue Ausrichtung und Befestigung einer Fahrzeugtür im Türausschnitt einer Karosserie erreicht werden soll. Hierbei kommt ein robotergeführtes Greifwerkzeug zum Einsatz, das die einzusetzende Tür aus einem Ladungsträger entnimmt und in den Türausschnitt einsetzt. Bei dem Verfahren der EP 407 939 A1 wird zunächst das unbestückte Greifwerkzeug in eine (raumfeste) Referenzposition gegenüber dem Türausschnitt bewegt, in der mit Hilfe von Kameras, die fest auf dem Greifwerkzeug montiert sind, Bilder des Türausschnitts der Karosserie aufgenommen werden; aus diesem (ersten) Satz von Bildern wird die Position des Türausschnitts relativ zur Referenzposition des Greifwerkzeugs berechnet. Anschließend wird mit dem Greifwerkzeug eine Tür aus dem Ladungsträger entnommen und das bestückte Greifwerkzeug wieder in die Referenzposition bewegt, in der mit Hilfe der auf dem Greifwerkzeug montierten Kameras ein weiterer (zweiter) Satz von Bildern aufgenommen, aus denen die Position der im Greifwerkzeug gehaltenen Tür berechnet wird. Durch einen Vergleich der Bilddatensätze wird ein Verschiebungsvektor ermittelt, um den das Greifwerkzeug verschoben werden muss, um die gewünschte Ausrichtung der Tür gegenüber dem Türausschnitt zu erreichen. Das Greifwerkzeug wird um diesen Verschiebungsvektor versetzt, und in der nun eingenommenen Relativlage des Greifwerkzeugs zum Türausschnitt werden die an der Tür vorgesehenen Scharniere (unter Verwendung von Schweißrobotern) mit der Karosserie verbunden.

Das aus der EP 470 939 A1 bekannte Verfahren geht aus von zwei Bilddatensätzen des Türausschnitts bzw. der Tür, die beide in einer (raumfesten) Referenzposition des Greifwerkzeugs aufgenommen werden. Das Verfahrens basiert somit auf einer Erfassung der Absolutlagen der Karosserie und der Türe relativ zu der Referenzposition im Arbeitsraum des Roboters, an dessen Arm das Greifwerkzeug befestigt ist. Zur erfolgreichen Anwendung dieses Verfahrens müssen mehrere Randbedingungen erfüllt sein:

- Zunächst muss jede für die Positionsbestimmung zum Einsatz kommende Kamera in der Lage sein, einzelne Messwerte metrisch in bezug auf ihr internes Bezugskoordinatensystem zu bestimmen („interne metrische Kalibrierung der Kameras“).
- Weiterhin muss die Lage der Kameras im Arbeitsraum des Greifwerkzeug-Roboters bekannt sein („externe metrische Kalibrierung der Kameras“).
- Schließlich müssen die Einzelmessungen der Kameras auf eine solche Weise kombiniert und verdichtet werden, dass die genaue Lage des Türausschnitts bzw. der Tür in bezug auf den Arbeitsraum des Roboters konsistent und prozesssicher berechnet werden kann.

Zur Kalibrierung der Sensoren ist in der EP 470 939 A1 eine nicht näher beschriebene Kalibriervorrichtung vorgesehen, die in jedem Zyklus des Roboters angefahren werden muss. Erfahrungsgemäß ist dabei allerdings der für die Erfüllung der obengenannten Randbedingungen notwendige Einricht- und Kalibrierungsaufwand der Kameras und des Gesamtsystems sehr hoch und nur von Experten zu leisten. Außerdem ist eine hohe Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Messwerte nur durch hochwertige (und daher teure) Sensoren zu leisten.

Eine weitere Problematik des in der EP 470 939 A1 vorgeschlagenen Verfahrens besteht darin, dass die Bilddatengewinnung des Karosserie-Türausschnitts einerseits und der Tür andererseits in unterschiedlichen, zeitlich versetzten Prozessschritten erfolgen. Auch geringfügige Bewegungen der Karosse-

rie während des Positioniervorgangs führen daher zu großen Fehlern und müssen ausgeschlossen werden.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur lagegenauen Montage einer Klappe an einem Werkstück, insbesondere an einer Fahrzeugkarosserie, vorzuschlagen, das mit einem wesentlich reduzierten Kalibrieraufwand verbunden ist und das - auch bei Verwendung kostengünstiger Sensoren - eine Steigerung der Genauigkeit gegenüber konventionellen Verfahren gestattet. Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung vorzuschlagen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 8 gelöst.

Zur Positionierung und Befestigung der Klappe an der Karosserie kommt ein robotergeführtes Greifwerkzeug zum Einsatz, das eine Fixiervorrichtung für die Klappe und ein fest mit dem Greifwerkzeug verbundenes Sensorsystem umfasst. Die Fixiervorrichtung des Greifwerkzeugs wird mit einer Klappe bestückt und zunächst robotergesteuert in eine (fest einprogrammierte, von der aktuellen Lage der Karosserie im Arbeitsraum des Roboters unabhängige) Näherungsposition gegenüber der Karosserie gebracht. Anschließend wird das Greifwerkzeug mittels eines Regelprozesses in eine Montageposition gebracht, in der die in der Fixiervorrichtung gehaltene Klappe lagegenau in der gewünschten „optimalen“ Einbaulage gegenüber den benachbarten Bereichen auf der Karosserie ausgerichtet ist. In diesem Regelprozess, der das Greifwerkzeug von der Näherungsposition in die Montageposition überführt, werden vom Sensorsystem (Ist-) Messwerte ausgewählter Referenzbereiche auf der Karosserie und auf der Klappe erzeugt; diese (Ist-) Messwerte werden mit (Soll-)Messwerten verglichen, die in einer vorausgehenden Einrichtung erzeugt wurden. Anschließend wird das Greifwerkzeug um einen Verschiebungsvektor (umfassend Linearverschiebungen und/oder Drehungen) verschoben, der unter Zu-

hilfenahme einer sogenannten „Jacobimatrix“ (oder „Sensitivitätsmatrix“) aus der Differenz zwischen den (Ist-) und (Soll-) Messwerten berechnet wird. Sowohl die (Soll-) Messwerte als auch die Jacobimatrix werden im Rahmen einer - dem eigentlichen Positionier- und Montagevorgang vorgeschalteten - Einrichtungphase ermittelt, im Rahmen derer das Greifwerkzeug auf die konkrete Montageaufgabe eingelernt wird. Diese Einrichtungphase wird im Zuge der Einstellung einer neuen Kombination aus Werkzeug, Sensorsystem, Karosserietyp und Art und Einbauposition der einzusetzenden Klappe einmalig durchlaufen.

Ist der oben beschriebene Regelvorgang abgeschlossen und befindet sich die im Greifwerkzeug gehaltene Klappe somit in der gewünschten Montageposition gegenüber der Karosserie, so beginnt der nächste Verfahrensschritt, im Zuge dessen die Klappe an die Karosserie montiert wird. Hierbei wird robotergesteuert ein vorgegebenes Montageprogramm durchlaufen, an dem - neben dem Greifwerkzeug - auch weitere robotergeführte Werkzeuge (wie z.B. Schweißroboter, Schraubroboter, Zuführeinrichtungen für Befestigungselemente, ...) beteiligt sind. Wesentlich dabei ist die Tatsache, dass bei der Abarbeitung des Montageprogramms die im Zuge des Positioniervorgangs aufgefundene, lagegenau zur Karosserie angeordnete Montageposition als Referenzlage für alle an der Montage beteiligten weiteren Werkzeuge und Arbeitsschritte verwendet wird.

Der geregelt durchlaufene Positioniervorgang, im Rahmen dessen die im Greifwerkzeug gehaltene Klappe von der (robotergesteuert angefahrenen) Näherungsposition in die (lagegenau zur Karosserie ausgerichtete) Montageposition gebracht wird, unterscheidet sich grundlegend von dem aus der EP 470 939 A1 bekannten Positioniervorgang: Im Verfahren der EP 470 939 A1 wird nämlich im Zuge der Positionierung zunächst die Absolutposition der Karosserie (bzw. des Türausschnitts) im Arbeitsraum des Roboters ermittelt, die dann die Basis für die Ausrichtung des bestückten Greifwerkzeugs bildet. Im Unterschied dazu beruht das erfindungsgemäße Verfahren auf Relativmessun-

gen, im Rahmen derer eine (in der Einrichtphase hinterlegte) Information - entsprechend einem Satz von (Soll-) Messwerten des Sensorsystems - über den Regelvorgang wiederhergestellt wird.

Dies führt zu zwei wesentlichen Vereinfachungen gegenüber dem Stand der Technik:

- Zum einen ist keine interne metrische Kalibrierung der Sensoren mehr notwendig, da die zum Einsatz kommenden Sensoren nicht mehr „messen“, sondern lediglich auf eine monotone Inkrementalbewegung des Roboters mit einer monotonen Änderung ihres Sensorsignals reagieren. Dies bedeutet beispielsweise, dass bei Verwendung einer Fernseh- bzw. CCD-Kamera als Sensor die kamerainternen Linsenverzeichnungen nicht kompensiert werden müssen bzw. dass bei Verwendung eines Triangulationssensors die exakte metrische Berechnung von Abstandswerten entfällt.
- Weiterhin ist keine externe metrische Kalibrierung der Sensoren mehr notwendig: Im Unterschied zum Stand der Technik muss die Lage der Sensoren nicht mehr metrisch in bezug auf den Arbeitsraum des Roboters bzw. das Koordinatensystem der Roboterhand ermittelt werden, um geeignete Korrekturbewegungen berechnen zu können. Die Sensoren müssen lediglich in einer solchen Weise am Greifwerkzeug befestigt werden, dass sie in ihrem Fangbereich überhaupt geeignete Messdaten der Referenzbereiche auf der Karosserie und der Klappe erfassen können.

Auf die in der Regel nur mit großem Aufwand zu ermittelnde metrische Messfunktion und die in der EP 470 939 A1 gezeigte Kalibriervorrichtung kann somit bei Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens vollständig verzichtet werden. Daher können metrisch unkalibrierte Sensoren zum Einsatz kommen, die wesentlich einfacher und somit auch billiger sind als kalibrierte Sensoren. Sowohl der instrumentelle Aufbau als auch die Einrichtung und der Betrieb des Gesamtsystems ist daher bei Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens sehr kosten-

günstig realisierbar. Weiterhin wird bei Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens die Ersteinrichtung und Wartung des Montagesystems drastisch vereinfacht und kann auch von angelerntem Personal vorgenommen werden.

Das Ergebnis der Klappenpositionierung gegenüber der Karosserie ist weiterhin unabhängig von der absoluten Positioniergenauigkeit des verwendeten Roboters, da eventuelle Roboterungenauigkeiten bei der Anfahrt der Montageposition ausgeregelt werden. Aufgrund der daraus resultierenden kurzen Fehlerketten ist bei Bedarf eine sehr hohe Wiederholgenauigkeit im Positionierungsergebnis erzielbar. Roboter-Positionierungenauigkeiten aufgrund von Temperaturschwankungen, fehlerhafter Einmessung des Roboters etc. werden ausgeregelt.

Die Anzahl der Positionsfreiheitsgrade, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren in der Positionierphase kompensiert werden können, ist frei wählbar und hängt nur von der Konfiguration des Sensorsystems ab. Ebenso ist die Anzahl der verwendeten Sensoren frei wählbar. Die Anzahl der bereitgestellten (skalaren) Sensorinformationen muss lediglich gleich oder größer der Anzahl der zu regelnden Freiheitsgrade sein. Insbesondere kann eine größere Zahl von Sensoren vorgesehen werden, und die redundante Sensorinformation kann verwendet werden, z.B. um Formfehler des betrachteten Karosseriebereichs und/oder der einzupassenden Klappe besser erfassen zu können oder den Positioniervorgang in seiner Genauigkeit zu verbessern. Schließlich kann Sensorinformation aus unterschiedlichen berührungsfreien und/oder taktilen Quellen verwendet werden (z.B. eine Kombination von CCD-Kameras, optischen Spaltsensoren und taktilen Abstandssensoren). Somit können durch Verwendung geeigneter Sensoren die Messergebnisse unterschiedlicher qualitätsrelevanter Größen (Spaltmaße, Übergangsmaße, Tiefenmaße) beim Einpassprozess der Klappe berücksichtigt werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann sehr leicht auf neue Problemstellungen adaptiert werden, da lediglich die Sensordatengewinnung und -aufarbeitung, nicht aber der regelnde Systemkern adaptiert werden muss. Auf eine Nutzung von Modellwissen über die Karosserie und die einzufügende Klappe kann während des Positioniervorgangs verzichtet werden.

Im Vergleich zu dem Verfahren der EP 470 939 A1 gestattet die Erfindung einen wesentlich schnelleren Ausgleich von Restunsicherheiten, die bei der Positionierung der Klappe gegenüber dem Karosserieausschnitt auftreten können; solche Restunsicherheiten können zustande kommen durch fördertechnisch bedingte Lagefehler der Karosserie im Arbeitsbereich des Roboters, durch Lageabweichungen der Klappe im Greifwerkzeug und/oder durch Formfehler der einzufügenden Klappe bzw. der Karosserie, welche durch Bauteiltoleranzen bedingt sind. - Aufgrund dieser schnellen Positionsregelung des Greifwerkzeugs gegenüber der Karosserie braucht die Karosserie während des Positioniervorgangs nicht stationär aufgespannt sein, sondern sie kann (beispielsweise auf einem Montageband oder einer anderen geeigneten Fördertechnik) gegenüber dem Roboter bewegt werden. Dies ermöglicht eine hohe Flexibilität des erfindungsgemäßen Verfahrens, das somit auf unterschiedlichste Anwendungsfälle der Klappenmontage an stationären und bewegten Werkstücken anwendbar ist.

Das geregelte Anfahren der Montageposition kann in einer einzigen Regelschleife erfolgen; vorteilhafterweise wird dabei jedoch ein iteratives Verfahren eingesetzt, bei dem Schwellwerte als Abbruchkriterien vorgegeben werden: So wird der Iterationsvorgang abgebrochen, wenn die Abweichung zwischen dem (Soll-)Messwert und dem (Ist-)Messwert unterhalb eines vorgegebenen Schwellwerts liegt; weiterhin wird der Iterationsvorgang abgebrochen, wenn die bei aufeinanderfolgenden Iterationsschritten zu erreichende Reduktion der Abweichung zwischen (Soll-)Messwert und (Ist-)Messwert unterhalb eines weiteren vorgegebenen Schwellwerts liegt.

Die Befestigungselemente (Scharniere, Gelenke, ...), mittels derer die Klappe mit der Karosserie verbunden wird, können Teil der zu montierenden Klappe sein, so dass diese Befestigungselemente - nach Beendigung der oben beschriebenen Positionierung der Klappe im Karosserieausschnitt - nur noch in dieser Montagelage mit dem Werkstück verbunden zu werden brauchen. Vielfach werden allerdings zum Anlenken von Klappen an Karosserien Scharniere verwendet, welche zunächst an der Fahrzeugkarosserie befestigt werden, bevor die Klappe an den Scharnieren angelenkt wird. In diesem Fall ist vorteilhaft, die Montage der Scharniere an der Karosserie im selben Arbeitsschritt wie die Klappenmontage durchzuführen. In diesem Fall umfasst das Montageverfahren vorteilhafterweise die folgenden Prozessschritte:

- A Das Greifwerkzeug wird mit einer einzubauenden Klappe bestückt und wird - entsprechend des oben beschriebenen iterativen Regelvorgangs - von der (gesteuert angefahrenen) Näherungsposition in die Montageposition gegenüber der Karosserie bewegt, in der die Klappe lagegenau gegenüber dem Karosserieausschnitt ausgerichtet ist;
- B das Greifwerkzeug wird robotergesteuert aus der Montageposition um einen fest vorgegebenen Versatz in eine Ausweichposition verschoben, um im Montagebereich Platz für ein robotergeführtes Scharniermontagesystem zu schaffen;
- C das Scharniermontagesystem, z.B. ein mit Scharnieren bestücktes Schraubwerkzeug, befestigt robotergesteuert die Scharniere in einem vorgegebenen Befestigungsbereich der Karosserie und zieht sich dann aus dem Arbeitsbereich zurück;
- D das Greifwerkzeug wird robotergesteuert um den fest vorgegebenen Versatz aus der Ausweichposition zurück in die Montageposition verschoben (und die Klappe somit wieder lagegenau im Montagebereich positioniert);
- E die Klappe wird mit Hilfe eines robotergesteuerten Montagewerkzeugs (z.B. eines am Greifwerkzeug befestigten Schraubers) an den Scharnieren befestigt;

- F das Greifwerkzeug wird robotergesteuert in eine Rückzugsposition bewegt, in der - ohne Gefahr einer Kollision des Greifwerkzeugs mit der Karosserie - die Karosserie aus dem Arbeitsbereich des Roboters entfernt und eine neue Karosserie zugeführt werden kann.

Der Prozessschritt B entspricht hierbei einer „Auslagerung“ der Klappe, welcher in Prozessschritt D rückgängig gemacht wird. Wesentlich dabei ist die Tatsache, dass die Prozessschritte B, D und E robotergesteuert als Relativbewegungen zu der in Prozessschritt A aufgefundenen Montageposition durchgeführt werden, so dass die im Regelvorgang des Prozessschritts A aufgefundene Montageposition als Referenzlage für die an diesen Prozessschritten beteiligten weiteren Werkzeuge verwendet wird.

Um eine besonders hohe Genauigkeit zu erreichen, ist es vorteilhaft, auch die Scharniermontage (Prozessschritt C) an die in Prozessschritt A aufgefundene Montageposition als Referenzlage anzukoppeln. In diesem Fall umfasst die Scharniermontage (Prozessschritt C) die folgenden Arbeitsschritte:

- C-1 Das Scharniermontagesystem wird mit Scharnieren bestückt und wird in einem iterativen Regelvorgang - analog zu dem oben beschriebenen Regelvorgangs zur Einpassung der Klappe - in eine Arbeitsposition gegenüber dem Greifwerkzeug bewegt, in der das Scharniermontagesystem lagegenau gegenüber der Scharnieranschraubfläche der Tür oder gegenüber einer Hilfsfläche des (in der Ausweichposition befindlichen) Greifwerkzeugs ausgerichtet ist; das Scharniermontagesystem wird durch diesen Regelvorgang an die (in Prozessschritt A aufgefundene) Montageposition der Klappe angebunden;
- C-2 ausgehend von der Arbeitsposition durchläuft das Scharniermontagesystem robotergesteuert ein vorgegebenes Bearbeitungsprogramm, bei dem die Scharniere - z.B. mit Hilfe von Schrauben des Scharniermontagesystem - am Karosserieausschnitt befestigt werden;

C-3 das Scharniermontagesystem wird robotergesteuert aus dem Bearbeitungsbereich herausbewegt, so dass das Greifwerkzeug mit der Klappe ohne Kollisionsgefahr in die Montageposition zurückbewegt werden kann.

In dem hier beschriebenen Verfahrensablauf erfolgen - mit Ausnahme der Schritte A und C-1 - alle Verfahrensschritte robotergesteuert, d.h. durch Abarbeitung vorgegebener Bearbeitungsprogramme bzw. Bahnverschiebungen der beteiligten Roboter und Werkzeuge. Die Schritte A und C-1 entsprechen iterativen Regelvorgängen, im Zuge derer die einzusetzende Klappe lagegenau im Karosserieausschnitt positioniert wird (Schritt A) bzw. das Scharniermontagesystem gegenüber der Klappe bzw. dem Greifwerkzeug ausgerichtet wird (Schritt C-1).

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen. Im folgenden wird die Erfindung anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert; dabei zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Ansicht einer Fahrzeugkarosserie mit einem Montagesystem zum Einbau einer Fondtür;
- Fig. 2a eine schematische Aufsicht auf die in einem Greifwerkzeug gehaltene Fondtür;
- Fig. 2b eine schematische Schnittansicht der Fondtür, die mit Hilfe des Greifwerkzeugs in einer Montageposition gegenüber der Karosserie gehalten ist;
- Fig. 3 eine schematische Aufsicht auf ein Scharniermontagewerkzeug mit darin gehaltenen Scharnieren;
- Fig. 4 eine schematische Darstellung der Verfahrensbahnen der das Greifwerkzeug und das Scharniermontagewerkzeug tragenden Roboterhände bei der Abarbeitung der Türmontage;
- Fig. 5 eine schematische Ansicht Fahrzeugkarosserie mit dem in der Ausweichposition befindlichen Greifwerkzeug und dem in der Arbeitsposition befindlichen Scharniermontagewerkzeug.

Figur 1 zeigt einen Ausschnitt einer Fahrzeugkarosserie 1 mit einem hinteren Türausschnitt 2, in den eine Fondtür 3 eingesetzt ist und einem vorderen Türausschnitt 2", in den eine (in Figur 1 nicht dargestellte) Fahrertür montiert werden soll. Diese Karosserie 1 ist ein Beispiel für ein Werkstück 1 mit einem Ausschnitt 2, in den eine (dem Ausschnitt bezüglich seiner Form angepasste) schwenkbare Klappe 3 eingesetzt werden soll.

Die Montage der Fondtür 3 in die Karosserie 1 erfolgt mit Hilfe eines (in Figur 1 schematisch dargestellten) automatischen Montagesystems 4 mit einem Arbeitsraum 27. Das Montagesystem 4 umfasst ein von einem Industrieroboter 7 geführtes Greifwerkzeug 5, das die Fondtür 3 zuführt und lagegenau gegenüber der Karosserie 1 positioniert. Weiterhin umfasst das Montagesystem 4 ein von einem Industrieroboter 8 geführtes Scharniermontagesystem 6, das der Karosserie 1 Scharniere 9 zuführt, gegenüber der Karosserie 1 und der lagegenau positionierten Tür ausrichtet und an einem Scharnierfügebereich 39 im Türausschnitt 2 befestigt. Zur Lage- und Bewegungssteuerung der Roboter 7,8 und somit der Werkzeuge 5,6 ist ein Steuersystem 10 vorgesehen.

Analog zum Montagesystem 4 der Figur 1 für die Montage der linken Fondtür 3 ist (auf der gegenüberliegenden Seite der Karosserie 1) ein weiteres Montagesystem für die rechte Fondtür vorgesehen, dessen Aufbau und Funktionsweise dem des Montagesystems 4 (spiegelbildlich) entspricht. Die Montage der Fahrertüren erfolgt unter Verwendung entsprechend angepasster zusätzlicher Montagesysteme analog zur Fondtürmontage.

Zur Montage der Fondtür 3 im Türausschnitt 2 werden zunächst die Scharniere 9 in den Scharnierfügebereichen 39 des Türausschnitts 2 befestigt; anschließend wird die Fondtür 3 in definierter Lage an den Scharnieren 9 angeschlagen. Die Lage, in der die Scharniere 9 im Türausschnitt 2 befestigt sind,

bestimmt dabei in entscheidender Weise die Lage der fertig montierten Fondtür 3 im Türausschnitt 2. Um einen qualitativ hochwertigen optischen Eindruck der Karosserie 1 sicherzustellen, muss die Fondtür 3 lagegenau (in bezug auf Position und Winkellage) gegenüber den dem Türausschnitt 2 benachbarten Bereichen 11 der Karosserie 1 montiert werden; diese Umgebungsbereiche 11 bilden somit einen sogenannten Referenzbereich zur Ausrichtung der Fondtür 3 gegenüber der Karosserie 1.

Das Greifwerkzeug 5, das zur Positionierung der Fondtür 3 im Türausschnitt 2 und der anschließenden Montage zum Einsatz kommt, ist schematisch in Figur 2a gezeigt. Dieses an der Hand 12 des Industrieroboters 7 befestigte Greifwerkzeug 5 umfasst einen Rahmen 13, an dem eine Fixiervorrichtung 14 befestigt ist, mit Hilfe derer die Fondtür 3 in einer wohldefinierten Lage aufgenommen werden kann. Die Aufnahme der Fondtür 3 durch die Fixiervorrichtung 14 erfolgt vorteilhafterweise an der Innenseite 15 der Fondtür 3 in unmittelbarer Nachbarschaft der Scharnieraufnahmeflächen 16, an denen im Zuge der Türmontage die Befestigungsscharniere 9 angeschraubt werden. Durch diese Wahl der Angriffspunkte der Fixiervorrichtung 14 an der Fondtür 3 wird sichergestellt, dass der beim Türeinbau auftretende Formverzug minimal ist. Setzerscheinungen der Tür 3 werden somit berücksichtigt. Damit wird gewährleistet, Die Fixiervorrichtung 14 ist so gestaltet, dass der Bereich der Scharnieraufnahmeflächen 16 auf der Türinnenseite 15 frei zugänglich ist, so dass die Scharniere 9 montiert werden können, während sich die Tür 3 in der Fixiervorrichtung 14 befindet. Durch die in Figur 2a gezeigte Gestaltung der Fixiervorrichtung 14 ist weiterhin sichergestellt, dass die Tür 3 durch das Greifwerkzeug 5 in Einbaulage (d.h. im geschlossenen Zustand) an der Karosserie 1 positioniert werden kann. Die Fixiervorrichtung 14 ist dreh- und/oder schwenkbar gegenüber dem Rahmen 13 des Greifwerkzeugs 5 angeordnet, so dass sie nach der Montage durch den Fensterausschnitt 17 der montierten und geschlossenen Tür 3

entfernt werden kann. Alternativ kann die Tür 3 auch an der Außenbeplankung gegriffen werden.

Zur Vermessung der Lage und Ausrichtung der im Greifwerkzeug 5 fixierten Fondtür 3 gegenüber der Karosserie 1 ist das Greifwerkzeug 5 mit einem Sensorsystem 18 mit mehreren (in der schematischen Darstellung der Figur 2a fünf) Sensoren 19 versehen, die starr mit dem Rahmen 13 des Greifwerkzeugs 5 verbunden sind; sie bilden somit mit dem Greifwerkzeug 5 eine bauliche Einheit. Diese Sensoren 19 dienen zur Ermittlung von Fugen-, Spalt- und Tiefenmaßen zwischen Randbereichen 20 der Fondtür 3 und den Nachbarbereichen 11 des Türausschnitts 2 auf der Karosserie 1. Mit Hilfe dieses Sensorsystems 18 wird - wie weiter unten beschrieben - die in dem Greifwerkzeug 5 gehaltene Fondtür 3 in einem iterativen Regelvorgang gegenüber dem Türausschnitt 2 der Karosserie 1 ausgerichtet.

Das Scharniermontagesystem 6 ist an der Hand 21 des zweiten Industrieroboters 8 befestigt und umfasst zwei Scharnierspanner 22, in denen die beiden Scharniere 9, die zur Befestigung der Tür 3 im Türausschnitt 2 notwendig sind, in definierter lage- und winkelgenauer Ausrichtung aufgenommen werden (siehe Figur 3). Weiterhin umfasst das Scharniermontagesystem 6 (in Figur 3 nicht gezeigte) robotergesteuerte Drehmomentenschrauber zur Befestigung der Scharniere 9 im Türausschnitt 2 der Karosserie 1. Die Scharnierspanner 22 sind in einer solchen Weise gestaltet und so gegenüber den Schraubern angeordnet, dass die Schraubflächen 23, an denen die Scharniere 9 mit der Karosserie 1 verbunden werden, für die Schrauber zugänglich sind. Die Scharniere 9 werden (automatisch oder manuell) in die Aufnahmen 22 eingelegt, wobei die (in Figur 3 nicht gezeigten) Befestigungsschrauben, mit denen die Scharniere 9 an der Karosserie 1 befestigt werden, gemeinsam mit den Scharnieren 9 eingelegt oder später automatisch zugeführt werden können.

Das Scharniermontagesystem 6 ist weiterhin mit einem Sensorsystem 24 versehen, das mehrere (in der schematischen Darstellung der Figur 3 zwei) Sensoren 25 umfasst, die mit dem Scharniermontagesystem 6 eine bauliche Einheit bilden. Diese Sensoren 25 dienen - wie später beschrieben wird - zur Positionierung des Scharniermontagesystems 6 gegenüber dem Greifwerkzeug 5.

Soll das Montagesystem 4 auf eine neue Bearbeitungsaufgabe - beispielsweise auf die Fondtürmontage in einem neuen Fahrzeugtyp, oder auf die Fahrertürmontage - eingestellt werden, so muss zunächst eine sogenannte Einrichtphase durchlaufen werden, in der das Greifwerkzeug 5 und das Scharniermontagesystem 6 konfiguriert werden. Dabei wird eine der zu montierenden Tür 3 angepasste Fixiervorrichtung 14, ein geeignet gestalteter Rahmen 13 und das Sensorsystem 18 mit den entsprechenden Sensoren 19 ausgewählt und gemeinsam zu einem Greifwerkzeug 5 konfiguriert. Im Anschluss daran wird das Sensorsystem 18 des Greifwerkzeugs 5 „eingelernt“, indem - wie im folgenden unter I. beschrieben - (Soll-) Messwerte des Sensorsystems 18 auf einer „Master“-Karosserie 1' und einer „Master“-Tür 3' aufgenommen und die gesteuert zu durchlaufenden Bahnabschnitte der Verfahrbahn des Roboters 7 einprogrammiert werden. Weiterhin wird das Scharniermontagesystem 6 der Montageaufgabe entsprechend konfiguriert, mit Sensoren 25 versehen und „eingelernt“, indem auch für dieses Werkzeug - wie im folgenden unter II. beschrieben - (Soll-) Messwerte der Sensoren 25 in einem Referenzbereich 26 des Greifwerkzeugs 5 aufgenommen und die gesteuert zu durchlaufenden Bahnabschnitte der Verfahrbahn des Roboters 8 einprogrammiert werden. Nach Beendigung dieser Einrichtphase steht das so konfigurierte und eingemessene Montagesystem 4 nun zum Serieneinsatz bereit, bei dem für jede dem Arbeitsraum 27 der Roboter 7,8 zugeführte Karosserie 1 eine sogenannte Arbeitsphase durchlaufen wird, bei der - wie im folgenden unter III. beschrieben - eine zugehörige Tür 3 am Türausschnitt 2 positioniert und befestigt wird.

I. Einrichtphase des Greifwerkzeugs 5:

Zur Lösung einer neu gestellten Montageaufgabe wird in einem ersten Schritt zunächst ein der Montageaufgabe angepasstes Sensorsystem 18 für das Greifwerkzeug 5 ausgewählt und gemeinsam mit der Fixiervorrichtung 14 am Rahmen 13 befestigt. Das so zusammengebaute Greifwerkzeug 5 wird an der Roboterhand 12 befestigt. Die Fixiervorrichtung 14 wird dann mit einer („Master“-) Fondtür 3' bestückt und (manuell bzw. interaktiv) in einer solchen Weise gegenüber einer („Master“-) Karosserie 1' im Arbeitsraum 27 des Roboters 7 ausgerichtet, dass eine „optimale“ Ausrichtung der („Master“-) Fondtür 3' gegenüber der („Master“-) Karosserie 1' gegeben ist (siehe Figur 2b). Eine solche „optimale“ Ausrichtung kann beispielsweise dadurch definiert sein, dass ein Spalt 28 zwischen der („Master“-) Fondtür 3' und („Master“-) Karosserie 1' möglichst gleichförmig ist, oder dass der Spalt 28 in bestimmten Regionen bestimmte Werte einnimmt. Die dabei eingenommene Relativposition des Greifwerkzeugs 5 gegenüber der („Master“-) Karosserie 1' wird im folgenden als Montageposition 29 bezeichnet.

Die Zahl und die Lage der Sensoren 19 auf dem Rahmen 13 ist so gewählt, dass die Sensoren 19 auf geeignete, für die „optimale“ Ausrichtung besonders wichtige, Bereiche 30' auf der („Master“-) Karosserie 1' bzw. Bereiche 31' der („Master“-) Fondtür 3' gerichtet sind. Im Ausführungsbeispiel der Figur 2a werden fünf Sensoren 19 verwendet werden, die auf die in Figur 1 gezeigten Bereiche 30,31 gerichtet sind, so dass drei Sensoren 19 auf den Spalt 28 im Bereich der B-Säule 32 gerichtet sind während die beiden anderen Sensoren 19) Spaltmessungen im hinteren Bereich der Fondtür 3 durchführen. Diese Bereiche 30,31 sind erfahrungsgemäß von besonders hoher Bedeutung für die Lage und Ausrichtung der Fondtür 3 im Türausschnitt 2. Die Zahl der Einzelsensoren 19 sowie die Umge-

bungen 30,31, auf die sie ausgerichtet sind, werden in einer solchen Weise ausgewählt, dass sie eine bestmögliche Charakterisierung der für den jeweiligen Anwendungsfall relevanten Qualitätsmerkmale gestatten. Neben den Spaltemessungssensoren 19 können weitere Sensoren vorgesehen sein, die beispielsweise einen (Tiefen-)Abstand und/oder einen Übergang zwischen Karosserie 1 und Fondtür 3 messen.

Das Greifwerkzeug 5 mit dem Sensorsystem 18 und mit der in der Fixiervorrichtung 14 gehaltenen („Master“-) Fondtür 3' wird nun mit Hilfe des Roboters 7 auf die (durch das manuell bzw. interaktiv Ausrichten eingestellte, in der Darstellung der Figur 2b eingenommene) Montageposition 29 gegenüber der („Master“-) Karosserie 1' „eingelernt“. Hierbei werden zunächst Messwerte aller Sensoren 19 in der Montageposition 29 aufgenommen und als „Soll-Messwerte“ in einer Auswerteeinheit 33 des Sensorsystems 18 abgelegt; diese Sensor-Auswerteeinheit 33 ist zweckmäßigerweise in das Steuersystem 10 integriert. Anschließend wird - ausgehend von der Montageposition 29 - mit Hilfe des Roboters 7 die Lage des Greifwerkzeugs 5 und der darin gehaltenen („Master“-) Fondtür 3' gegenüber der („Master“-) Karosserie 1' entlang bekannter Verfahrbahnen - wie in Figur 2b durch Pfeile 34 angedeutet - systematisch verändert; in der Regel sind dies Inkrementalbewegungen des Roboters 7 in seinen Freiheitsgraden. Die dabei auftretenden Veränderungen der Messwerte der Sensoren 19 werden (vollständig oder in Teilen) aufgezeichnet. Aus diesen Sensorinformationen wird - in bekannter Weise - eine sogenannte Jacobimatrix (Sensitivitätsmatrix) errechnet, die den Zusammenhang zwischen den Inkrementalbewegungen des Roboters 7 und den dabei auftretenden Änderungen der Sensormesswerte beschreibt. Das Verfahren zur Ermittlung der Jacobimatrix ist beispielsweise beschrieben in „A tutorial on visual servo control“ von S. Hutchinson, G. Hager und P. Corke, IEEE Transactions on Robotics and Automation 12(5), Oktober 1996, Seiten 651-670. In diesem Artikel sind auch die Anforderungen an die Verfahrwege bzw. die Messumgebungen beschrieben (Stetig-

keit, Monotonie, ...), die erfüllt sein müssen, um eine gültige Jacobimatrix zu erhalten. - Die Inkrementalbewegungen sind in einer solchen Weise ausgewählt, dass während dieses Einrichtvorgangs keine Kollisionen des Greifwerkzeugs 5 bzw. der („Master“-) Fondtür 3' mit der („Master“-) Karosserie 1' auftreten können.

Die in der Einrichtphase erzeugte Jacobimatrix wird zusammen mit den „Soll-Messwerten“ in der Auswerteeinheit 33 des Sensorsystems 18 abgelegt und bilden die Grundlage für den späteren Positionier-Regelvorgang A-2 in der Arbeitsphase (siehe unten unter III.).

Weiterhin wird in der Einrichtphase eine Verfahrbahn 35 der Roboterhand 12 (und somit des Greifwerkzeugs 5) generiert, die in der späteren Arbeitsphase III. gesteuert durchlaufen wird. Diese Verfahrbahn 35 ist schematisch in Figur 4 dargestellt. Den Ausgangspunkt der Verfahrbahn 35 bildet eine sogenannte „Rückzugsposition“ 36, die so gewählt ist, dass eine neue Karosserie 1 in den Arbeitsraum 27 des Roboters 7 eingeführt werden kann, ohne dass Kollisionen der Karosserie 1. mit dem Greifwerkzeug 5 oder der darin gehaltenen Fondtür 3 zu befürchten sind. Diese Rückzugsposition 36 kann beispielsweise einer (in den Figuren nicht dargestellten) Bestückungsstation entsprechen, in der das Greifwerkzeug 5 (manuell) mit einer zu verbauenden Fondtür 3 bestückt wird. Alternativ kann die Rückzugsposition 36 einer Entnahmestation entsprechen, in der das Greifwerkzeug 5 eine zu verbauende Fondtür 3 aus einem Ladungsträger entnimmt. Ausgehend von dieser Rückzugsposition 36 umfasst die Verfahrbahn 35 folgende separate Abschnitte:

A-1 Das Greifwerkzeug 5 mit eingelegter („Master“-) Fondtür 3' wird auf einer gesteuert zu durchlaufenden Bahn A-1 von der Rückzugsposition 36 in eine sogenannte „Näherungsposition“ 37 gebracht, die so gewählt ist, dass alle Einzelsensoren 19 des Sensorsystems 18 gültige Mess-

werte des jeweiligen Bereiches 30,31 der („Master“-) Fondtür 3' und/oder der („Master“-) Karosserie 1' erfassen können, während gleichzeitig gewährleistet ist, dass keine Kollisionen des Greifwerkzeugs 5 oder der Fondtür 3 mit der Karosserie 1 auftreten können.

- A-2 Das Greifwerkzeug 5 mit eingelegter („Master“-) Fondtür 3' wird auf einer geregelt zu durchlaufenden Bahn A-2 von der Näherungsposition 37 in die (wie oben beschriebenen „eingelernte“) Montageposition 29 gebracht, in der die im Greifwerkzeug 5 gehaltene („Master“-) Fondtür 3' lage- und winkelgenau gegenüber dem Türausschnitt 2' der („Master“-) Karosserie 1' ausgerichtet ist. Was während dieses geregelt zu durchlaufenden Prozessschritts im einzelnen geschieht, wird weiter unten (in III. Arbeitsphase) beschrieben.
- B. Das Greifwerkzeug 5 mit eingelegter („Master“-) Fondtür 3' wird auf einer gesteuert zu durchlaufenden Bahn B von der Montageposition 29 in eine Ausweichposition 38 bewegt, in der die („Master“-) Fondtür 3' den Fügebereich 39 der Scharniere 9 im Türausschnitt 2' nicht beeinträchtigt. Das Greifwerkzeug 5 weicht also definiert aus, um Platz für den Einbau der Scharniere 9 zu schaffen.
- D. Das Greifwerkzeug 5 mit eingelegter („Master“-) Fondtür 3' wird auf einer geregelt zu durchlaufenden Bahn D von der Ausweichposition 39 in die (wie oben beschrieben „eingelernte“) Montageposition 29 zurücktransportiert, in der die im Greifwerkzeug 5 gehaltene („Master“-) Fondtür 3' lage- und winkelgenau gegenüber dem Türausschnitt 2' der („Master“-) Karosserie 1' ausgerichtet ist. Diese Bahn D kann insbesondere die „Umkehr“ der Bahn B sein.
- F. Das Greifwerkzeug 5 wird robotergesteuert in die Rückzugsposition 36 zurückbewegt.

Die im Rahmen der Einrichtphase erzeugte Verfahrensbahn 35 des Greifwerkzeugs 5 besteht somit aus vier gesteuert zu durch-

laufenden Abschnitten A-1, B, D und F sowie einem geregelt zu durchlaufenden Abschnitt A-2. Die Schritte A-1, B, D und F können während der Einlernphase des Greifwerkzeugs 5 interaktiv eingegeben werden, oder sie können in Form eines (offline generierten) CNC-Programms im Steuersystem 10 abgelegt werden.

II. Einrichtungphase des Scharniermontagesystems 6:

In einem nächsten Schritt wird die Verfahrbahn 40 des (mit mehreren Sensoren 25 versehenen und an der Roboterhand 21 des Scharnierroboters 21 befestigten) Scharniermontagesystems 6 eingelernt:

Analog zum oben beschriebenen Einlernen der Montageposition 29 des Greifwerkzeugs 5 wird hier zunächst die sogenannte „Arbeitsposition“ 41 des Scharniermontagesystems 6 eingelernt. Hierzu wird das Greifwerkzeug 5 in der Ausweichposition 28 (Endposition des Bahnabschnitts B) gegenüber der („Master“-) Karosserie 1' positioniert. Anschließend wird das Scharniermontagesystem 6 mit zwei Scharnieren 9 bestückt und (manuell bzw. interaktiv) in einer solchen Weise gegenüber dem Türausschnitt 2' der („Master“-) Karosserie 1' ausgerichtet, dass die Scharniere 9 im Fügebereich 39 des Türausschnitts 2' in einer „optimale“ Ausrichtung und Befestigungsposition positioniert sind. Die dabei eingenommene Relativposition des Scharniermontagesystems 6 gegenüber der („Master“-) Karosserie 1' wird im folgenden als „Arbeitsposition“ 41 des Scharniermontagesystems 6 bezeichnet.

Die Sensoren 25 sind in einer solchen Weise am Scharniermontagesystem 6 befestigt, dass sie dabei auf einen ausgewählten Referenzbereich 26 auf dem Greifwerkzeug 5, im vorliegenden Ausführungsbeispiel auf eine Hilfsfläche 42 des Greifwerkzeugs 5 gerichtet sind. Die „Hilfsfläche“ 42 ist im vorliegenden Fall eine ebene Fläche, deren Flächennormale 43 nähe-

rungsweise parallel zur Fahrzeuglängsrichtung 44 verläuft, wenn das Greifwerkzeug 5 sich in der (in Figur 5 dargestellten) Ausweichposition 38 befindet. Die Sensoren 25 sind dabei (optische) Abstandssensoren, die (z.B. mit Hilfe des Triangulationsprinzips) die Distanz zur Hilfsfläche 42 messen. Durch Auswertung der Messwerte der Sensoren 25 kann der Abstand des Scharniermontagesystems 6 in Fahrzeuglängsrichtung 44 gegenüber der Hilfsfläche 42 ermittelt werden; weiterhin kann die Winkellage des Scharniermontagesystems 6 gegenüber der Hilfsfläche 42 (und somit gegenüber der Ausweichposition 38 des Greifwerkzeugs 5) errechnet werden.

Das Scharniermontagesystem 6 mit den Sensoren 25 wird nun mit Hilfe des Scharnierroboters 8 auf die (manuell bzw. interaktiv eingestellte) Arbeitsposition 41 gegenüber der Hilfsfläche 42 des Greifwerkzeugs 5 „eingelernt“. Dieses iterative Einlernen erfolgt analog zu dem unter I. beschriebenen Einlernvorgang des Greifwerkzeugs 5, bei dem das Greifwerkzeug 5 in die Montageposition 29 gegenüber der („Master“-) Karosserie 1' eingelernt wurde: Es werden zunächst - während sich das Scharniermontagesystem 6 in der Arbeitsposition 41 befindet - mit Hilfe der Sensoren 25 Messwerte der Hilfsfläche 42 aufgenommen und als „Soll-Messwerte“ in einer zum Sensorsystem 24 gehörigen Auswerteeinheit 45 abgelegt, die in das Steuersystem 10 integriert ist. Anschließend wird - ausgehend von dieser Arbeitsposition 41 - mit Hilfe des Roboters 8 die Lage des Scharniermontagesystems 6 gegenüber der Hilfsfläche 42 des Greifwerkzeugs 5 entlang bekannter Verfahrbahnen systematisch verändert. Aus den damit verbundenen Veränderungen der Messwerte der Sensoren 25 wird die Jacobimatrix (Sensitivitätsmatrix) des Scharniermontagesystems 6 errechnet, die den Zusammenhang zwischen den Inkrementalbewegungen des Scharnierroboters 8 und den dabei auftretenden Änderungen der Messwerte der Sensoren 25 beschreibt. Die Inkrementalbewegungen sind in einer solchen Weise ausgewählt, dass während dieses Einrichtvorgangs keine Kollisionen des Scharniermontagesystems 6 mit der („Master“-) Karosserie 1' auftreten können.

Die erzeugte Jacobimatrix wird zusammen mit den „Soll-Messwerten“ in der Auswerteeinheit 45 des Sensorsystems 24 abgelegt und bildet die Grundlage für den späteren Regelvorgang in der Positionierphase des Scharniermontagesystems 6 (siehe unten unter C-1).

Zusätzlich zum Einlernen der Arbeitsposition 41 wird in der Einrichtungphase des Scharniermontagesystems 6 eine Verfahrbahn 46 der Scharnierroboterhand 21 erzeugt, die - gemeinsam mit der Verfahrbahn 35 der Roboterhand 12 des Greifwerkzeugs 5 - schematisch in Figur 4 dargestellt ist. Den Ausgangspunkt der Verfahrbahn 46 des Scharniermontagesystems 6 bildet eine sogenannte „Scharnieraufnahmeposition“ 47, die so gewählt ist, dass eine neue Karosserie 1 in den Arbeitsraum 27 des Roboters 8 eingeführt werden kann, ohne dass Kollisionen der Karosserie 1 mit dem Scharniermontagesystem 6 auftreten können. In dieser Scharnieraufnahmeposition 47 können die Scharnierspanner 22 (manuell oder automatisch) mit einzubauenden Scharnieren 9 bestückt werden. Ausgehend von dieser Scharnieraufnahmeposition 47 umfasst die Verfahrbahn 46 des Scharniermontagesystems 6 folgende separate Abschnitte:

- C-0 Das Scharniermontagesystem 6 mit eingelegten Scharnieren 9 wird auf einer gesteuert zu durchlaufenden Bahn C-0 von der Scharnieraufnahmeposition 47 in eine sogenannte Näherungsposition 48 gebracht, die so gewählt ist, dass die Sensoren 25 gültige Messwerte der Hilfsfläche 42 des (in der Ausweichposition 38 befindlichen) Greifwerkzeugs 5 liefern.
- C-1 Das Scharniermontagesystem 6 mit eingelegten Scharnieren 9 wird auf einer geregelt zu durchlaufenden Bahn C-1 von der Näherungsposition 48 in die (wie oben beschrieben „eingelernte“) Arbeitsposition 41 gebracht, in der das Scharniermontagesystem 6 winkel- und abstandsgenau gegenüber der Hilfsfläche 42 des Greifwerkzeugs 5 ausgerichtet ist.

C-3 Das Scharniermontagesystem 6 wird robotergesteuert in die Scharnieraufnahmeposition 47 zurückbewegt.

Die im Rahmen dieser Einrichtphase erzeugte Verfahrenbahn 46 des Scharnieraufnahmesystems 6 besteht somit aus zwei gesteuert zu durchlaufenden Abschnitten C-0 und C-3 sowie einem geregelt zu durchlaufenden Abschnitt C-1.

III. Arbeitsphase

In der Arbeitsphase werden dem Arbeitsraum 27 des Montagesystems 4 sequentiell Karosserien 1 zugeführt und eingespannt, und für jede Karosserie 1 werden vom Greifwerkzeug 5 und dem Scharniermontagesystem 6 die in den Einrichtphasen generierten Verfahrenbahnen 35,46 durchlaufen.

Verfahrenbahn-Abschnitt A-1:

Während des Zuführens der neuen Karosserie 1 befindet sich das Greifwerkzeug 5 in der Rückzugsposition 36 und ist bzw. wird mit einer zu montierenden Fondtür 3 bestückt; das Scharniermontagesystem 6 befindet sich in der Scharnieraufnahmeposition 47, in der die Scharnierspanner 22 mit Scharnieren 9 bestückt werden. Sobald die neue Karosserie 1 in den Arbeitsraum 27 hineinbewegt und dort fixiert worden ist, wird das Greifwerkzeug 5 mit eingelegter Fondtür 3 gesteuert in die Näherungsposition 37 bewegt.

Verfahrenbahn-Abschnitt A-2 (Positionierphase des Greifwerkzeugs 5):

Ausgehend von der Näherungsposition 37 wird eine Positionierphase des Werkzeugs (Bahnabschnitt A-2 in Figur 4) durchlaufen, im Rahmen derer die im Greifwerkzeug 5 gehaltene Fondtür

3 in die (während der Einlernphase eingelernte) Montageposition 29 gegenüber der Karosserie 1 gebracht und dabei lagegenau gegenüber dem Türausschnitt 2 der Karosserie 1 ausgerichtet wird. Hierzu werden durch die Sensoren 19 des Sensorsystems 18 Messwerte in ausgewählten Bereichen 30,31 der Fondtür 3 und der Karosserie 1 aufgenommen. Mit Hilfe dieser Messwerte und der in der Einrichtungphase bestimmten Jacobimatrix wird ein Bewegungsinkrement (Verschiebungsvektor) berechnet, das die Differenz zwischen den aktuellen (Ist-) Sensormesswerten und den (Soll-) Sensormesswerten verkleinert. Die im Greifwerkzeug 5 gehaltene Fondtür 3 wird dann mit Hilfe des Roboters 7 um dieses Bewegungsinkrement verschoben und/oder geschwenkt, und während der laufenden Bewegung werden neue (Ist-) Sensormesswerte aufgenommen.

Dieser iterative Mess- und Verschiebe-Vorgang wird in einer Regelschleife so lange wiederholt, bis die Differenz zwischen den aktuellen (Ist-) und den angestrebten (Soll-) Sensormesswerten ein vorgegebenes Fehlermaß unterschreitet, oder bis sich diese Differenz nicht mehr über einen im Vorfeld festgesetzten Schwellenwert hinaus ändert. Die Fondtür 3 befindet sich nun (im Rahmen der durch Fehlermaß bzw. Schwellenwert vorgegebenen Genauigkeit) in der (in Figur 3 dargestellten) Montageposition 29 gegenüber der Karosserie 1.

Durch die in dieser Positionierphase A-2 durchlaufene iterative Minimierung werden sowohl Ungenauigkeiten der Karosserie 1 bezüglich ihrer Lage und Ausrichtung im Arbeitsraum 27 des Roboters 7 als auch eventuell vorhandene Formfehler der Karosserie 1 (d.h. Abweichungen von der („Master“) - Karosserie 1') kompensiert. Simultan werden Ungenauigkeiten der Fondtür 3 bezüglich ihrer Lage und Ausrichtung im Greifwerkzeug 5 und eventuell vorhandene Formfehler der Fondtür 3 kompensiert (d.h. Abweichungen von der („Master“) - Fondtür 3'). Die Fondtür 3 wird also im Zuge dieses iterativen Regelprozesses - unabhängig von Form- und Lageungenauigkeiten - in der „optimalen“ Weise in den Türausschnitt 2 der Karosserie 1

eingepasst. Zur separaten Erkennung und Bewertung von Formfehlern der Fondtür 3 und der Karosserie 1 können auf dem Greifwerkzeug 5 zusätzliche Sensoren vorgesehen werden, deren Messwerte ausschließlich oder teilweise zur Erfassung der Formfehler verwendet werden. Weiterhin können die Messwerte der Einzelsensoren 19 mit unterschiedlichen Gewichtungsfaktoren versehen werden, um eine gewichtete Lageoptimierung der Fondtür 3 gegenüber dem Türausschnitt 2 der Karosserie 1 herbeizuführen.

Die im Rahmen des Regelvorgangs dieser Positionierphase A-2 erfolgte Lage- und Winkelverschiebung der im Greifwerkzeug 5 gehaltenen Fondtür 3 (entsprechend der Verschiebung zwischen der Näherungsposition 37 und der Montageposition 29) kann in Form einer sogenannten Nullpunktskorrektur an das Steuersystem 10 des Roboters 7 weitergegeben werden. Das Steuersystem 10 des Roboters 7 „kennt“ somit die (der Montageposition 29 entsprechende) Ausgangslage, die der Optimaleinpassung der Fondtür 3 in den Türausschnitt 2 entspricht. Eine wichtige Eigenschaft dieser Positionierphase ist ihre Unabhängigkeit von der Robotergerauigkeit: Da der Positioniervorgang auf einem iterativen Vergleich der (Ist-) Messwerte mit (Soll-) Messwerten beruht, wird jede Positionsungenauigkeit des Roboters 7 sofort durch den iterativen Regelprozess kompensiert.

Verfahrbahn-Abschnitte B und C-0 (Ausweichphase des Greifwerkzeugs 5 und Vorbereitung des Scharniermontagesystems 6):

Ausgehend von der Montageposition 29 wird das Greifwerkzeug 5 mit der darin gehaltenen Fondtür 3 nun vom Roboter 7 gesteuert in die Ausweichposition 38 transportiert. Auf diese Weise wird im Fügebereich 39 des Türausschnitts 2 Platz geschaffen für das mit Scharnieren 9 bestückte Scharniermontagesystem 6, das anschließend oder simultan zur Ausweichphase B des Greif-

werkzeugs 5 gesteuert in die Näherungsposition 48 gebracht wird.

Verfahrenbahn-Abschnitt C-1 (Positionierphase des Scharniermontagesystems 6):

Ausgehend von der Näherungsposition 48 wird das Scharniermontagesystem 6 nun in die (während der Einlernphase eingelernte) Arbeitsposition 41 gegenüber dem in der Ausweichposition 38 befindlichen Greifwerkzeug 5 gebracht. Diese Positionierphase verläuft analog zu der Positionierphase des Abschnitts A-2, im Zuge derer das Greifwerkzeug 5 gegenüber der Karosserie 1 positioniert wurde: Mit Hilfe der Sensoren 25 des Scharniermontagesystems 6 werden Messwerte der Hilfsfläche 42 auf dem Greifwerkzeug 5 aufgenommen, und aus diesen Messwerten wird mit Hilfe der in der Einrichtungphase bestimmten Jacobimatrix ein Bewegungsinkrement berechnet, um das das Scharniermontagesystem 6 mit Hilfe des Roboters 8 verschoben wird. Dieser Mess- und Verschiebe-Vorgang wird iterativ so lange wiederholt, bis die Differenz zwischen den aktuellen (Ist-) und den angestrebten (Soll-) Sensormesswerten ein vorgegebenes Fehlermaß unterschreitet, oder bis sich diese Differenz nicht mehr über einen im Vorfeld festgesetzten Schwellenwert hinaus ändert. Das Scharniermontagesystem 6 befindet sich dann in der (in Figur 5 dargestellten) Arbeitsposition 41 gegenüber dem Greifwerkzeug 5 und gegenüber der Karosserie 1. Die dieser Arbeitsposition 41 entsprechende Raumlage der Roboterhand 21 wird im Steuersystem 10 gespeichert. Sensoren 49 auf der Hilfsfläche 42 messen die Lage der Scharniere 9 und speichern das Ergebnis als Soll-Datensatz ebenfalls im Steuersystem 10.

Da die Ausrichtung des Scharniermontagesystems 6 gegenüber dem Greifwerkzeug 5 anhand von Abstandsmessungen zu der ebenen Fläche 42 erfolgt, die näherungsweise senkrecht zur Fahrzeuglängsrichtung 44 ausgerichtet ist, ermöglicht dieser Pro-

zessschritt zwar eine Positionierung des Scharniermontagewerkzeugs 6 in Fahrzeuglängsrichtung 44, nicht aber senkrecht dazu. Die Bewegung des Scharniermontagewerkzeugs 6 in Fahrzeugquerrichtung wird in diesem Fall gesteuert durchgeführt (im Unterschied zur Bewegung in Fahrzeuglängsrichtung, die geregelt erfolgt), so dass das Scharniermontagesystem 6 senkrecht zur Fahrzeugrichtung 44 gesteuert an den Fügebereich 39 im Türausschnitt 2 heranbewegt wird und die Scharniere 9 mit Hilfe von Federn oder einer geeigneten Pneumatik an den Fügebereich 39 angedrückt werden.

Arbeitsgang C-2 (Befestigung der Scharniere 9 im Türausschnitt 2)

In der Arbeitsposition 41 des Scharniermontagesystems 6, in der die Scharniere 9 an der gewünschten Stelle im Fügebereich 39 des Türausschnitts 2 und positioniert und angedrückt sind, erfolgt nun die Montage der Scharniere 9 in den Türausschnitt 2. Hierfür können beispielsweise Schrauben zum Einsatz kommen, die auf dem Scharniermontagesystem 6 vorgesehen sind (aber in den Figuren nicht gezeigt sind) und für diesen Arbeitsschritt an den Befestigungsschrauben der Scharniere 9 zum Eingriff kommen. Alternativ können weitere Schrauben zum Einsatz kommen, die an zusätzlichen Robotern oder Handlingsystemen befestigt sind.

Nach der Montage der Scharniere 9 werden die Scharnierspanner 22 geöffnet und die Scharniere 9 freigegeben. Mit Hilfe der Sensoren 49 auf der Hilfsfläche 42 wird die Lage der angeschraubten Scharniere 9 gemessen mit der (als Soll-Datensatz im Steuerrechner 10 abgelegten) Scharnierlage im unverschraubten Zustand verglichen. Im Falle von Abweichungen werden die Scharniere 9 nochmals in den Scharnierspannern 22 fixiert und robotergesteuert um den gemessenen Offset verschoben. Dieser Prozess wird so oft wiederholt, bis die Lage der verschraubten Scharniere 9 mit der Lage der unverschraubten

Scharniere übereinstimmt. Auf diese Weise können die elastischen und plastischen Einflüsse des Schraubvorgangs kompensiert und eine besonders hohe Lagegenauigkeit der Scharniere 9 im Fügebereich 39 erreicht werden.

Sind die Scharniere in der gewünschten (Soll-) Lage im Fügebereich 39 des Türausschnitts 2 befestigt, so werden die Scharnierspanner 22 geöffnet und die Scharniere 9 freigegeben.

Verfahrbahn-Abschnitte C-3 und D (Rückzug des Scharniermontagesystems 6 und Annäherung des Greifwerkzeugs 5):

Anschließend wird zunächst das Scharniermontagesystem 6 (ohne die Scharniere 9) robotergesteuert aus der Arbeitsposition 41 in die Scharnieraufnahmeposition 47 zurückgezogen. Dadurch wird der Raum um den Fügebereich 39 herum wieder frei, und das Greifwerkzeug 5 mit der Fondtür 3 kann robotergesteuert aus der Ausweichposition 38 in die Montageposition 29 zurückbewegt werden. Durch die (im vorherigen Prozessabschnitt C-1 erreichte) hochgenaue Ausrichtung des Scharniermontagewerkzeugs 6 gegenüber dem Greifwerkzeug 5 wird dabei sichergestellt, dass die Scharnieraufnahmeflächen 16 der Fondtür 3 hochgenau ausgerichtet an den Scharnieren 9 zu liegen kommen, während die (in Abschnitt A-2 durchgeführte) Ausrichtung des Greifwerkzeugs 5 gegenüber der Karosserie 1 gewährleistet, dass die Fondtür 3 optimal gegenüber dem Türausschnitt 2 ausgerichtet ist.

Arbeitsgang E (Befestigung der Fondtür 3 an den Scharnieren 9)

In der nun wieder eingenommenen Montageposition 29 des Greifwerkzeugs 5, in der die Fondtür 3 optimal gegenüber dem Tür-

ausschnitt 2 positioniert ist, erfolgt nun die Befestigung der Fondtür 3 an den Scharnieren 9 im Türausschnitt 2. Hierfür können (in den Figuren nicht gezeigte) Schrauber zum Einsatz kommen, die beispielsweise auf dem Greifwerkzeug 6 montiert sind und für diesen Arbeitsschritt an den Scharnieren 9 bzw. an Befestigungsschrauben zum Eingriff kommen. Alternativ können zusätzliche Schrauber zum Einsatz kommen, die an weiteren Robotern oder Handlingssystemen befestigt sind.

Nach dem Montieren der Fahrzeugtür 3 wird die Fixiervorrichtung 14 des Greifwerkzeugs 5 gelöst, so dass die Tür 3 frei an der Karosserie 1 hängt. In dieser Lage werden (mit Hilfe der Sensoren 14) Kontrollmessungen der Fugenmaße, Spalte und Tiefenmaße in den Bereichen 30,31 durchgeführt. Sollten dabei Abweichungen von den Sollmaßen festgestellt werden, so wird dem Bediener der Anlage eine definierte Information zur Nacharbeit zugesandt.

Verfahrbahn-Abschnitt F (Rückzug des Greifwerkzeugs 5):

Ist die Fondtür 3 in der richtigen Lage im Türausschnitt 2 befestigt, so wird die Fixiervorrichtung 14 des Greifwerkzeugs 5 in einer solchen Weise aus der Eingriffsposition herausgeschwenkt, dass das Greifwerkzeug 5 kollisionsfrei robotergesteuert von der Montageposition 29 in die Rückzugsposition 36 zurückbewegt werden kann. Die Karosserie 1 wird entspannt, ausgehoben und gefördert, und parallel dazu werden die Werkzeuge 5,6 mit einer neuen Tür 3, Scharnieren 9 und Schrauben bestückt und eine neue Karosserie 1 wird dem Arbeitsraum 4 zugeführt.

Zur Datenkommunikation zwischen den unterschiedlichen Systemkomponenten (Auswerteeinheiten 33,45 der Sensorsysteme 18,24 und den Steuerungen der Roboter 7,8 im Steuersystem 10) wird im vorliegenden Ausführungsbeispiel vorteilhafterweise eine

TCP/IP-Schnittstelle eingesetzt, die eine hohe Datenrate ermöglicht. Eine solche hohe Datenrate ist notwendig, um während der geregelt zu durchlaufenden Positionierphasen A-2 und C-1 eine Regelung des Gesamtsystems (Sensorsysteme/Roboter) mit der Vielzahl der Einzelsensoren 19,25 im Interpolations-takt der Roboter 7,8 (typischerweise 12 Millisekunden) bewältigen zu können. Für Regelungsprobleme geringerer Komplexität - d.h. bei niedrigeren Anforderungen an die Genauigkeit und längeren Regelzeiten - kann die Regelung auch über eine konventionelle serielle Schnittstelle realisiert werden.

In der bisherigen Beschreibung wurde der Spezialfall der Montage einer Fondtür 3 in eine Karosserie 1 beschrieben. Selbstverständlich ist das Verfahren ebenso auf die Montage von Fahrertüren in Karosserien 1 anwendbar, wobei Fondtür und Fahrertür aus Gründen der besseren Zugänglichkeit für die zugehörigen Werkzeuge 5,6 vorteilhafterweise nicht gleichzeitig, sondern sequentiell positioniert und montiert werden.

Weiterhin ist das Verfahren neben der Türmontage auf die Montage beliebiger anderer Klappen (Tankklappe, Motorhaube, Heckklappe etc.) übertragbar, welche lagegenau an der Karosserie 1 montiert werden müssen. Schließlich beschränkt sich das Verfahren nicht auf Montageumfänge an Karosserien 1 sondern ist grundsätzlich auf beliebige Montageprobleme anwendbar, bei denen eine Klappe mit Hilfe robotergeführter Werkzeuge 5,6 lagegenau an einem Werkstück montiert werden soll. Unter „robotergeführten“ Werkzeugen sind im Zusammenhang der vorliegenden Anmeldung ganz allgemein Werkzeuge zu verstehen, die auf einem mehrachsigen Manipulator, insbesondere einem sechssachsigen Industrieroboter 7,8, montiert sind.

Als Sensoren 19 zur Erfassung der Ist-Lage der Klappe 3 gegenüber dem Referenzbereich 11 auf dem Werkstück 1 können neben den bisher beschriebenen Spaltsensoren beliebige optische Sensoren zum Einsatz kommen. Beispielsweise können flächenhaft messende CCD-Kameras als Sensoren 19 eingesetzt werden,

mit Hilfe derer (in Kombination mit geeigneten Bildauswertungsalgorithmen) die Raumlagen und der gegenseitige Versatz von Kanten sowie räumliche Abstände etc. als Messgrößen generiert werden kann. Gleiches gilt für die Sensoren 25, die für die Ausrichtung des Scharniermontagesystems 6 gegenüber der Hilfsfläche 42 auf dem Greifwerkzeug 5 verwendet werden. Weiterhin können beliebige taktile und/oder berührungsfreie Messsysteme verwendet werden, wobei die Auswahl der geeigneten Sensoren stark vom jeweiligen Einsatzfall abhängt.

Im Ausführungsbeispiel der Figur 5, in dem der Referenzbereich auf dem Greifwerkzeug 5 als ebene Fläche 42 senkrecht zur Fahrzeuglängsrichtung 44 gestaltet ist und die Sensoren 25 Abstandssensoren sind, gestattet die Hilfsfläche 42 eine Positionsmessung und Ausrichtung des Scharniermontagewerkzeugs 6 lediglich in Fahrzeuglängsrichtung; die Positionierung in Fahrzeugquerrichtung erfolgt in diesem Fall - wie oben beschrieben - gesteuert. Ganz allgemein kann die Referenzfläche 26 eine beliebig geformte Fläche sein, die eine räumliche Ausrichtung des Scharniermontagesystems 6 gegenüber dem Greifwerkzeug 5 in allen drei Raumrichtungen ermöglicht. Insbesondere kann das Scharniermontagewerkzeug 6 gegenüber der Scharnieranschraubfläche 16 der Tür 3 ausgerichtet werden.

Weiterhin kann die Montage der Scharniere 9 im Türausschnitt 2 der Karosserie 1 manuell erfolgen: In diesem Fall entfallen die Prozessschritte C-0 bis C-2 der automatischen Vorbereitung, Positionierung und Montage der Scharniere 9 und werden stattdessen durch einen manuellen Scharniermontageprozess ersetzt.

Im Ausführungsbeispiel der Figuren 1 bis 5 ist auf dem Greifwerkzeug 5 ein (erstes) Sensorsystem 18 vorgesehen, das zur Positionierung des Greifwerkzeugs 5 gegenüber der Karosserie 1 dient, während auf dem Scharniermontagesystem 6 ein (zweites) Sensorsystem 24 vorgesehen ist, welches zur Positionie-

rung des Scharniermontagesystems 6 gegenüber dem Greifwerkzeug 5 dient. Anstelle dieser doppelten Sensorsysteme 18,24 kann die Positionierung des Scharniermontagesystems 6 gegenüber dem Greifwerkzeug 5 auch mithilfe zusätzlicher Sensoren auf dem Greifwerkzeug 5 erfolgen; in diesem Falle ist die Hilfsfläche 42 nicht am Greifwerkzeug 5, sondern am Scharniermontagesystem 26 vorgesehen. Auf diese Weise kann nur ein einziges Sensorsystem 24 verwendet werden, das auf dem Greifwerkzeug befestigt ist und sowohl Sensoren 19 zur Ausrichtung des Greifwerkzeugs 5 gegenüber der Karosserie als auch Sensoren 25 zur Ausrichtung des Scharniermontagesystems 6 gegenüber dem Greifwerkzeug 5 enthält.

Weiterhin kann die Positionsregelung des Greifwerkzeugs 5 gegenüber der Karosserie nicht auf die Positionierphase A-2 beschränkt sein, sondern das Greifwerkzeug 5 kann die Karosserie 1 mit Hilfe ausgewählter (zusätzlicher) Sensoren während des gesamten Montageprozesses beobachten. Aufgrund der schnellen Algorithmen zur Positionsregelung braucht in einem solchen Fall die Karosserie 1 während des Positionier- und Montagevorgangs nicht stationär aufgespannt sein, sondern sie kann (beispielsweise auf einem Montageband oder einer anderen geeigneten Fördertechnik) gegenüber den Robotern 7,8 bewegt werden. Dies ermöglicht eine hohe Flexibilität des erfindungsgemäßen Verfahrens, das somit auf unterschiedlichste Anwendungsfälle der Klappenmontage an stationären und bewegten Werkstücken anwendbar ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Montage einer Klappe (3) an einem Werkstück (1), insbesondere an einer Fahrzeugkarosserie (1), wobei die Klappe (3) lagegenau gegenüber einem Referenzbereich (11,30) auf dem Werkstück (1) positioniert wird,
 - bei welchem Verfahren ein mittels eines Roboters (7) geführtes Greifwerkzeug (5) verwendet wird, welches eine Fixiervorrichtung (14) zur Aufnahme der Klappe (3) und ein fest mit dem Greifwerkzeug (5) verbundenes Sensorsystem (18) mit mindestens einem Sensor (19) umfasst,
 - wobei das Greifwerkzeug (5) zunächst im Rahmen einer Positionierphase (A-2) ausgehend von einer Näherungsposition (37), welche unabhängig von der Lage des Werkstücks (1) im Arbeitsraum (27) des Roboters (7) ist, in eine Montageposition (29) bewegt wird, in welcher die im Greifwerkzeug (5) gehaltene Klappe (3) lagegenau gegenüber dem Referenzbereich (11,30) des Werkstücks (1) ausgerichtet ist
 - und wobei die Klappe (3) dann dieser Montageposition (29) des Greifwerkzeugs (5) mit dem Werkstück (1) verbunden wird,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass zum Anfahren der Montageposition (29) ein iterativer Regelvorgang durchlaufen wird, im Zuge dessen

 - ein (Ist-)Messwert des mindestens einen Sensors (19) erzeugt wird,
 - dieser (Ist-)Messwert mit einem im Rahmen einer Einrichtungphase erzeugten (Soll-)Messwert verglichen wird,
 - aus der Differenz zwischen (Ist-)Messwert und (Soll-)Messwert unter Verwendung einer im Rahmen der Einricht-

phase berechneten Jacobi-Matrix ein Verschiebungsvektor des Greifwerkzeugs (5) berechnet wird,

- das Greifwerkzeug (5) um diesen Verschiebungsvektor verschoben wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass der iterative Regelvorgang abgebrochen wird, wenn

- entweder die Abweichung zwischen (Soll-)Messwert und (Ist-)Messwert unterhalb eines vorgegebenen Schwellwerts liegt, oder
- die bei aufeinanderfolgenden Iterationsschritten zu erreichende Reduktion dieser Abweichung unterhalb eines vorgegebenen Schwellwerts liegt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

- dass das Greifwerkzeug (5) nach dem geregelten Anfahren der Montageposition (29) gesteuert in eine Ausweichposition (38) verschoben wird,
- dass unter Verwendung eines robotergeführten Scharniermontagesystems (6) Befestigungselemente (9) am Werkstück (1) befestigt werden,
- dass das Greifwerkzeug (5) gesteuert von der Ausweichposition (38) in die Montageposition (29) zurückbewegt wird und
- dass die im Greifwerkzeug (5) gehaltene Klappe (3) an den Befestigungselementen (9) befestigt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass zur Befestigung der Befestigungselemente (9) am Werkstück (1)

- das Scharniermontagesystem (6) zunächst robotergesteuert in eine Näherungsposition (48) gebracht wird, welche unabhängig von der Lage des Werkstücks (1) im Arbeitsraum (27) des Roboters (8) ist,

- anschließend das Scharniermontagesystem (6) in einem iterativen Regelvorgang in eine Arbeitsposition (41) bewegt wird, in welcher das Scharniermontagesystem (6) lagegenau gegenüber dem Greifwerkzeug (5) ausgerichtet ist,
 - und anschließend robotergesteuert ein Bearbeitungsvorgang (C-2) durchgeführt wird, im Zuge dessen die im Scharniermontagesystem (6) zugeführten Befestigungselemente (9) mit dem Werkstück (1) verbunden werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Befestigungselemente (9) Scharniere sind, die mit dem Werkstück (1) und der Klappe (3) verschraubt werden.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass zur Kommunikation zwischen dem Steuersystem (10) des Roboters (7,8) und der Auswerteeinheit (33,45) des Sensorsystems (18,24) eine TCP/IP-Schnittstelle verwendet wird.
7. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass das Verfahren zur Montage einer Fahrzeugtür (3) an einer Fahrzeugkarosserie (1) verwendet wird.
8. Vorrichtung zur Montage einer Klappe (3) auf einem Werkstück (1), insbesondere zur Montage einer Fahrzeugtür an einer Fahrzeugkarosserie
- mit einem mit Hilfe eines Roboters (7) geführten Greifwerkzeug (5),
 - mit einem Sensorsystem (18), welches fest mit dem Greifwerkzeug (5) verbunden ist und mindestens einen Sensor (19) umfasst,

- mit einem Steuersystem (10) zur Steuerung des Roboters (7) und des Greifwerkzeugs (5),
 - und mit einer Auswerteeinheit (33) zur Auswertung der Messwerte des Sensorsystems (18)
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass mindestens einer der Sensoren (19) ein metrisch unkalibrierter Sensor ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der mindestens eine Sensor (19) ein optischer Spaltmesssensor ist.

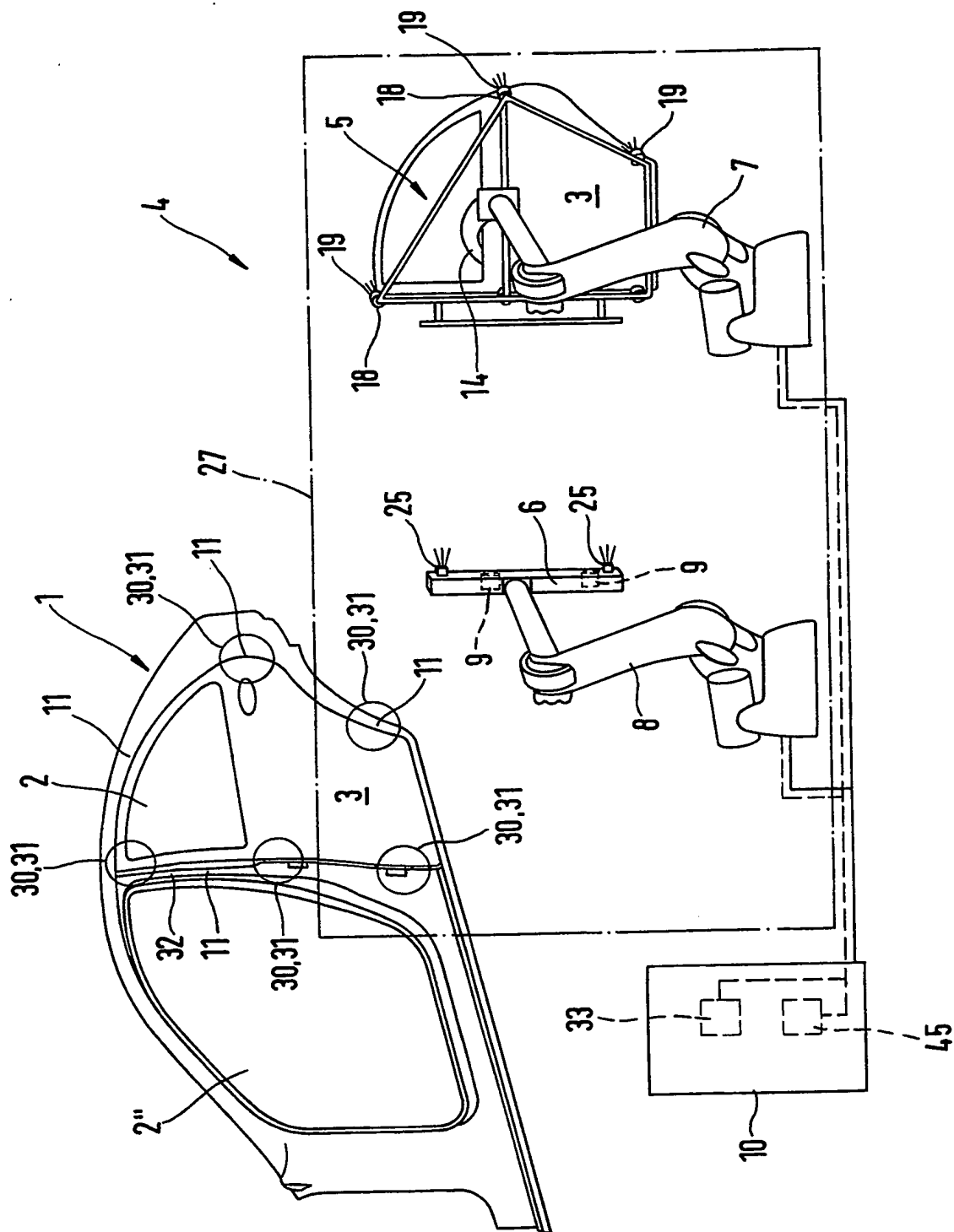


Fig.1

2 / 5

Fig.2a

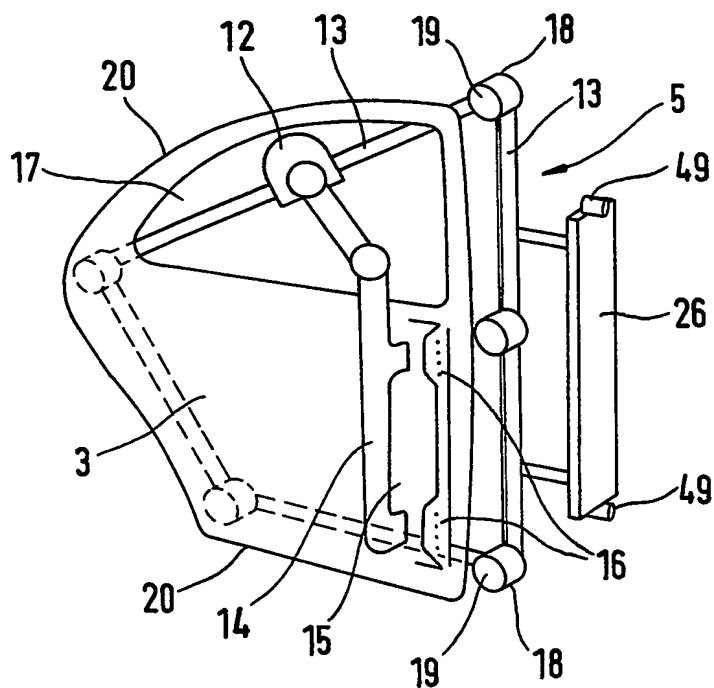
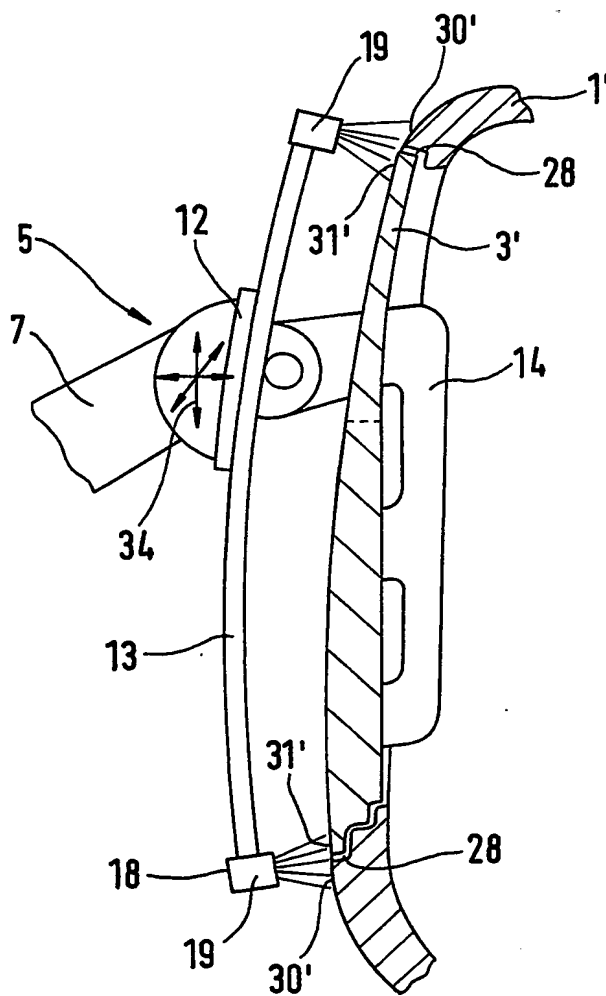


Fig.2b



ERSATZBLATT (REGEL 26)

Fig.3

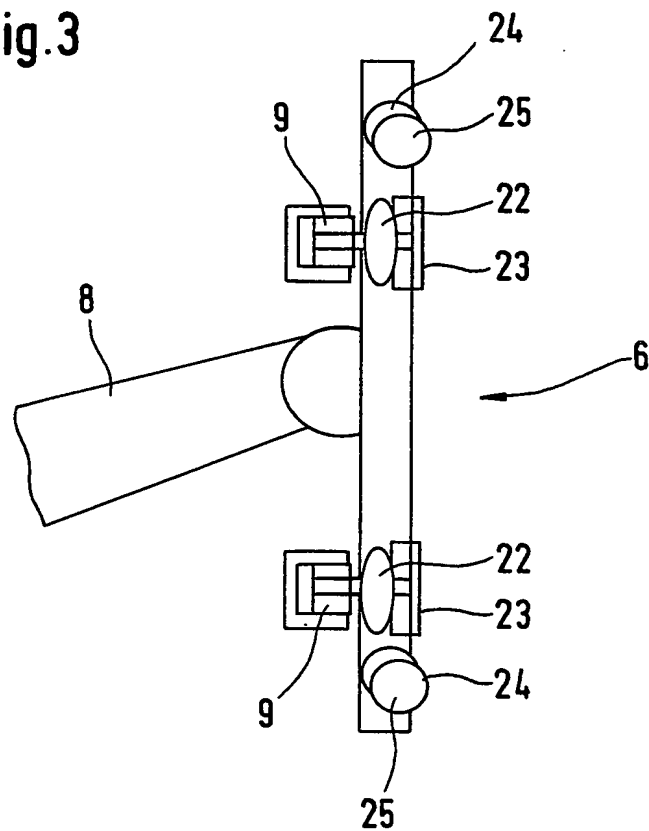
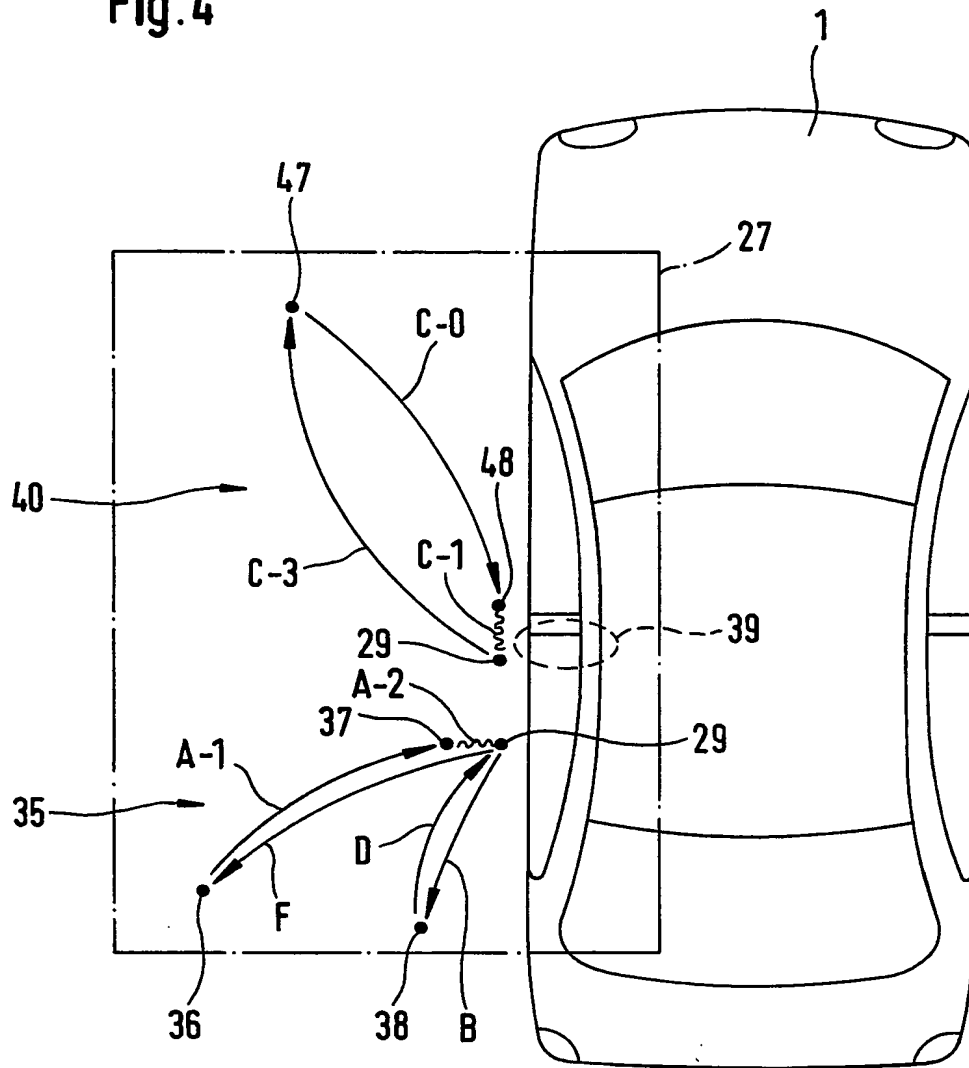
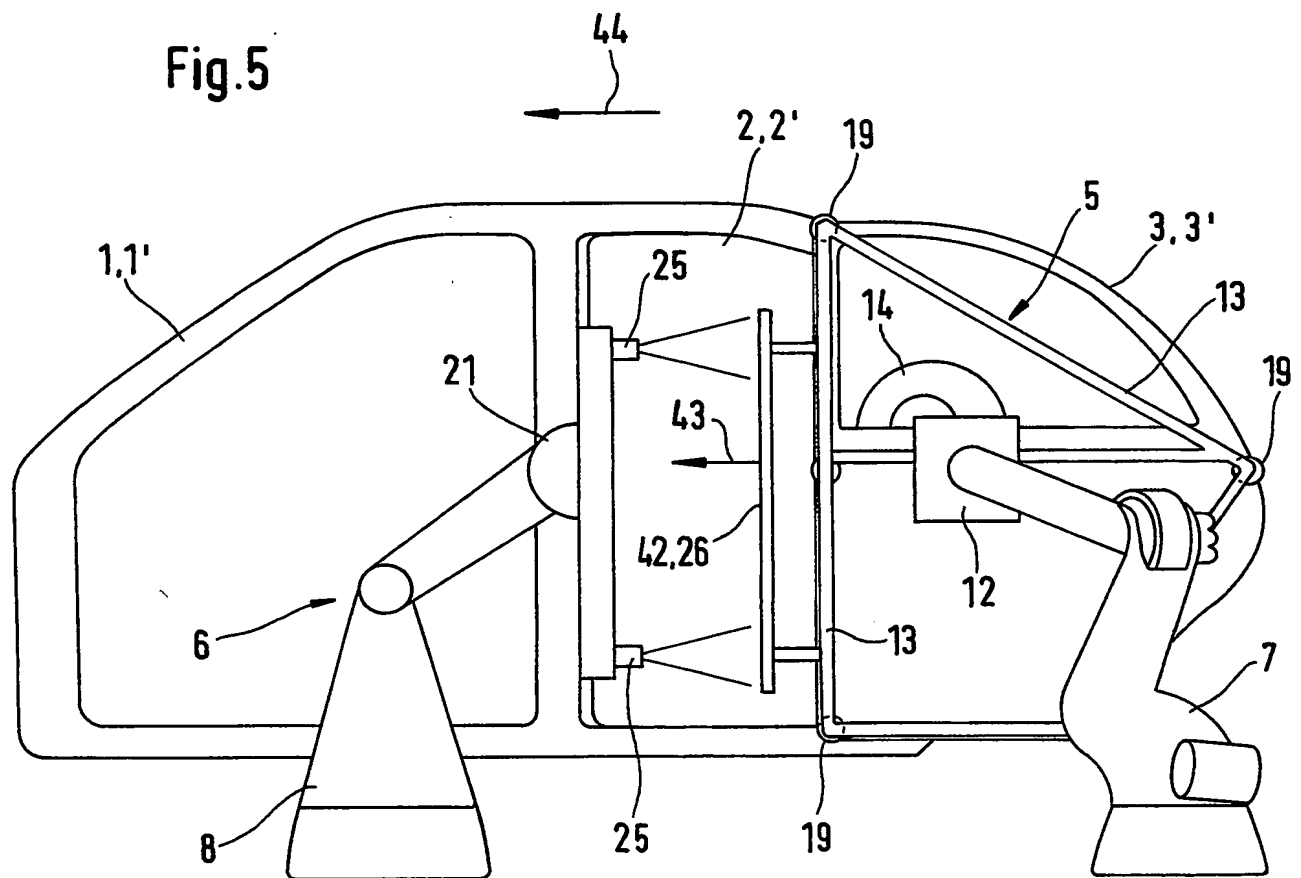


Fig. 4





Rec'd PCT 14 MAR 2005

(12) NACH DEM VEREINBAR ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
1. April 2004 (01.04.2004)

PCT

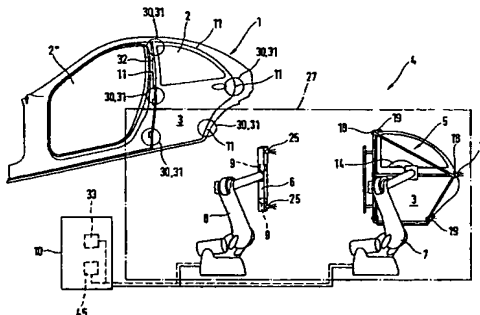
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/026672 A3

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: B62D 65/00, G05B 19/401 (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): DAIMLERCHRYSLER AG [DE/DE]; Epplestrasse 225, 70567 Stuttgart (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/009921 (72) Erfinder; und
- (22) Internationales Anmeldedatum: 6. September 2003 (06.09.2003) (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BROSE, Volker [DE/DE]; Nordbahnhofstrasse 191, 70191 Stuttgart (DE). KRAUS, Helmut [DE/DE]; Zeisigweg 2, 71157 Hildrizhausen (DE). PHILIPP, Enrico [DE/DE]; Böblinger Strasse 176, 70199 Stuttgart (DE). RIESTEN-PATT GENANNT RICHTER, Michael [DE/DE]; Brühlstrasse 13/1, 71149 Bondorf (DE). SCHULER, Bernd [DE/DE]; Im dellen 10, 72221 Haiterbach (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 102 42 710.0 13. September 2002 (13.09.2002) DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR THE POSITIONALLY PRECISE MOUNTING OF A HINGED FLAP ON A PART

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR LAGEGENAUEN MONTAGE EINER KLASPE AN EINEM BAUTEIL



(57) Abstract: The invention relates to a method for the positionally precise mounting of a hinged flap (3) on a production part (1), particularly for mounting a vehicle door on a vehicle body. To this end a robot-guided gripping tool (5) is used that comprises a fixing device (14) for holding the hinged flap (3) and comprises a sensor system (18), which is connected in a fixed manner to the gripping tool (5). Within the scope of a positioning phase (A-2), the gripping tool (5) is, in a first step, moved from a proximity position (37), which is independent of the position of the production part (1) in the working area (27) of the robot (7), and into a mounting position (29), in which the flap (3) held in the fixing device (14) of the gripping tool (5) is aligned in a positionally precise manner with regard to the production part (1). In order to approach the mounting position (29), an iterative control process is run through over the course of which an (actual) measured value of the sensor system (18) is firstly generated that is compared to a (set) measured value generated within the scope of a setting-up phase. A displacement vector of the gripping tool (5) is calculated based on the difference between the (actual) measured value and (set) measured value while using a Jacobian matrix that is calculated within the scope of the setting-up phase, and the gripping tool (5) is displaced by this displacement vector. The flap is subsequently attached to the production part (1) with the aid of fastening elements (9). A metric calibration of the sensor system (18) of the gripping tool (5) can be forgone in order to perform this positioning task.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur lagegenauen Montage einer Klappe (3) an einem Werkstück (1), insbesondere zur Montage einer Fahrzeugtür in einer Fahrzeugkarosserie. Hierzu wird ein robotergeführtes Greifwerkzeug (5) verwendet, das eine Fixiervorrichtung (14) zur Halterung der Klappe (3) und ein Sensorsystem (18) aufweist, welches fest dem Greifwerkzeug (5) verbunden ist. In einem ersten Schritt wird das Greifwerkzeug (5) im Rahmen einer Positionierphase (A-2) von einer

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/026672 A3



(74) **Anwälte:** NÄRGER, Ulrike usw.; DaimlerChrysler AG, Intellectual Property Management, IPM-C106, 70546 Stuttgart (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten (national):** JP, US.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

(88) **Veröffentlichungsdatum des internationalen**

Recherchenberichts:

23. September 2004

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Näherungsposition (37), welche unabhängig von der Lage des Werkstücks (1) im Arbeitsraum (27) des Roboters (7) ist, in eine Montageposition (29) bewegt, in welcher die in der Fixiervorrichtung (14) des Greifwerkzeugs (5) gehaltene Klappe (3) lagegenau gegenüber dem Werkstück (1) ausgerichtet ist. Zum Anfahren der Montageposition (29) wird ein iterativer Regelvorgang durchlaufen, im Zuge dessen zunächst ein (Ist-)Messwert des Sensorsystems (18) erzeugt wird, welcher mit einem im Rahmen einer Einrichtphase erzeugten (Soll-) Messwert verglichen wird. Aus der Differenz zwischen (Ist-) Messwert und (Soll-) Messwert wird unter Verwendung einer im Rahmen der Einrichtphase berechneten Jacobi-Matrix ein Verschiebungsvektor des Greifwerkzeugs (5) berechnet, und das Greifwerkzeug (5) wird um diesen Verschiebungsvektor verschoben. Anschließend wird die Klappe (3) mit Hilfe von Befestigungselementen (9) an dem Werkstück (1) befestigt. Zur Lösung dieser Positionieraufgabe kann auf eine metrische Kalibrierung des Sensorsystems (18) des Greifwerkzeugs (5) verzichtet werden.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT 03/09921

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 B62D65/00 G05B19/401

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G05B B62D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 670 974 A (ANTOSZEWSKI RICHARD S ET AL) 9 June 1987 (1987-06-09) column 4, line 56 - column 5, line 60	1-3, 8, 9
Y	column 8, line 67 - column 11, line 29	5-7
Y	"Integrated Architecture Logix Platforms" ROCKWELL AUTOMATION CD-ROM PUBLICATION, XX, XX, December 2000 (2000-12), pages 45-46, XP002278110 the whole document	6
Y	EP 0 470 939 A (COMAU SPA) 12 February 1992 (1992-02-12) column 2, line 26 - column 4, line 6 ----- -/--	5, 7



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 July 2004

Date of mailing of the international search report

02/08/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Groen, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT

03/09921

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 361 663 A (FORD WERKE AG ; FORD FRANCE (FR); FORD MOTOR CO (GB); FORD MOTOR CO (U) 4 April 1990 (1990-04-04) figure 1 -----	9
A	DE 42 14 863 A (KUKA SCHWEISSANLAGEN & ROBOTER) 11 November 1993 (1993-11-11) column 1 - column 5 -----	1,3-5, 7-9
A	US 4 852 237 A (TRADT HANS-RICHARD ET AL) 1 August 1989 (1989-08-01) column 6, line 22 - column 8, line 33 -----	1,2,5-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/03/09921

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4670974	A	09-06-1987	CA 1264219 A1	09-01-1990
			EP 0223483 A2	27-05-1987
			IN 168272 A1	02-03-1991
			JP 62113657 A	25-05-1987
			KR 9407171 B1	08-08-1994
EP 0470939	A	12-02-1992	IT 1240540 B	17-12-1993
			DE 69105867 D1	26-01-1995
			DE 69105867 T2	20-04-1995
			EP 0470939 A1	12-02-1992
			ES 2064979 T3	01-02-1995
EP 0361663	A	04-04-1990	US 4945493 A	31-07-1990
			EP 0361663 A2	04-04-1990
DE 4214863	A	11-11-1993	DE 4214863 A1	11-11-1993
			WO 9322186 A1	11-11-1993
			EP 0593719 A1	27-04-1994
US 4852237	A	01-08-1989	DE 3539797 A1	21-05-1987
			DE 3716232 A1	01-12-1988

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B62D65/00 G05B19/401

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G05B B62D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 670 974 A (ANTOSZEWSKI RICHARD S ET AL) 9. Juni 1987 (1987-06-09) Spalte 4, Zeile 56 - Spalte 5, Zeile 60	1-3,8,9
Y	Spalte 8, Zeile 67 - Spalte 11, Zeile 29	5-7
Y	"Integrated Architecture Logix Platforms" ROCKWELL AUTOMATION CD-ROM PUBLICATION, XX, XX, Dezember 2000 (2000-12), Seiten 45-46, XP002278110 das ganze Dokument	6
Y	EP 0 470 939 A (COMAU SPA) 12. Februar 1992 (1992-02-12) Spalte 2, Zeile 26 - Spalte 4, Zeile 6	5,7
	-/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

23. Juli 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

02/08/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Groen, F

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 361 663 A (FORD WERKE AG ; FORD FRANCE (FR); FORD MOTOR CO (GB); FORD MOTOR CO (U) 4. April 1990 (1990-04-04) Abbildung 1 -----	9
A	DE 42 14 863 A (KUKA SCHWEISSANLAGEN & ROBOTER) 11. November 1993 (1993-11-11) Spalte 1 - Spalte 5 -----	1,3-5, 7-9
A	US 4 852 237 A (TRADT HANS-RICHARD ET AL) 1. August 1989 (1989-08-01) Spalte 6, Zeile 22 - Spalte 8, Zeile 33 -----	1,2,5-9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/JP 03/09921

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 4670974	A	09-06-1987	CA	1264219 A1	09-01-1990
			EP	0223483 A2	27-05-1987
			IN	168272 A1	02-03-1991
			JP	62113657 A	25-05-1987
			KR	9407171 B1	08-08-1994
EP 0470939	A	12-02-1992	IT	1240540 B	17-12-1993
			DE	69105867 D1	26-01-1995
			DE	69105867 T2	20-04-1995
			EP	0470939 A1	12-02-1992
			ES	2064979 T3	01-02-1995
EP 0361663	A	04-04-1990	US	4945493 A	31-07-1990
			EP	0361663 A2	04-04-1990
DE 4214863	A	11-11-1993	DE	4214863 A1	11-11-1993
			WO	9322186 A1	11-11-1993
			EP	0593719 A1	27-04-1994
US 4852237	A	01-08-1989	DE	3539797 A1	21-05-1987
			DE	3716232 A1	01-12-1988